

2013 年度（第 49 回）
水工学に関する夏期研修会講義集

B コース

Lecture Notes of the
49th Summer Seminar on Hydraulic Engineering, 2013
Course B

土木学会
水工学委員会・海岸工学委員会

Committee on Hydrosience and Hydraulic Engineering,
Coastal Engineering Committee,
JSCE

2013 年 8 月
August 2013

2013 年度（第 49 回）
水工学に関する夏期研修会講義集

B コース（海岸・港湾コース）

総合テーマ：伊勢湾台風級高潮と巨大地震津波を考える

B-1 愛知県の海岸防災対策について

愛知県建設部 技監 沼野秀樹
Hideki NUMANO

B-2 地球温暖化による海象・気象への影響と可能最大級高潮

岐阜大学 准教授 吉野 純
Jun YOSHINO

B-3 伊勢湾台風級の高潮と確率潮位

名古屋工業大学 准教授 北野利一
Toshikazu KITANO

B-4 防波堤の信頼性設計

神戸大学 教授 長尾 毅
Takashi NAGAO

B-5 沿岸域における防災・減災対策について

大阪大学 教授 青木伸一
Shin-ichi AOKI

B-6 南海トラフ巨大地震津波について

名古屋大学 教授 水谷法美
Norimi MIZUTANI

B-7 津波防災の歴史と今後の課題

東北大学 名誉教授 首藤伸夫
Nobuo SHUTO

B-8 地域防災力の向上を目指して

関西学院大学 准教授 松田曜子
Yoko MATSUDA

2013 年度（第 49 回）水工学に関する夏期研修会講義集

水工学シリーズ 13-B-1

愛知県の海岸防災対策について

愛知県 建設部 技監

沼野秀樹

土木学会

水工学委員会・海岸工学委員会

2013 年 8 月

愛知県の海岸防災対策について

Plans for costal disaster prevention by Aichi-prefecture

沼野 秀樹
Hideki NUMANO

1. はじめに

愛知県の海岸延長は 595km に及び、その海岸線は大きく 3つの地区に分けられる。太平洋に面し静岡県県境から本県田原市伊良湖岬まで続く遠州灘（表浜）、この伊良湖岬から三重県県境まで続く内湾の内、愛知県の知多半島先端の羽豆岬までを三河湾と、それより先を伊勢湾と呼んでいる。平成 11 年に海岸法が改正され、これまでの「災害からの海岸の防護」に加えて「海岸環境の整備や保全」「公衆の海岸の適正な利用」を図り、地域の意向を十分に配慮した総合的な海岸の保全を推進することとなり、海岸保全基本方針に沿った海岸保全基本計画を策定することとなった。

本県では地形上の特性などを考慮して、太平洋に面する遠州灘沿岸と内湾部で 2つの海岸保全計画を策定しており、遠州灘については、静岡県と共同で「遠州灘沿岸海岸保全基本計画」¹⁾（愛知県内 54km）を内湾は三重県と共同で「三河湾・伊勢湾沿岸海岸保全基本計画」²⁾（県内 541km）を策定している。

平成 23 年 3 月に発生した東日本大震災以降、国等で地震・津波を中心とした防災対策の大きな見直しが進められている。本県においても、平成 23 年 9 月に「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会」³⁾の報告で示された「今後の地震・津波については、あらゆる可能性を考慮した最大クラスの巨大な地震・津波を検討すること」の考えを参考として、平成 15 年に行った「東海地震・東南海地震等被害予測調査検討委員会」の結果について、見直しを進めており、平成 23 年 9 月に愛知県防災会議地震部会に南海トラフ地震の被害予測を行う「愛知県東海地震・東南海地震・南海地震等被害予測調査検討委員会」を設置した。平成 25 年 5 月 31 日の防災会議では、平成 24 年 8 月中央防災会議により公表された被害予測の内、愛知県に対して最も影響が大きい条件（震度分布、液状化危険度、浸水想定域）に基づき、本県独自の基礎データを加味して行った建物被害、人的被害の市町村別の試算値を第 1 次報告として公表している。なお、今後、県独自の地震・津波の被害予測を行い、愛知県の地域防災計画に反映していく予定である。

今後更新する地域防災計画では、地震・津波対策については、「発生頻度は極めて低いものの、甚大な被害をもたらす最大クラスの津波（L2 津波）」と、「発生頻度は高く、津波高は低いものの大きな被害をもたらす津波（L1 津波）」の 2つのレベルの津波を想定した内容となる予定である。

海岸管理者としては、この新たな想定津波を踏まえた海岸防災対策を考える必要があり、これまで実施してきた L1 津波レベルのハードとソフトの組み合わせによる対策に加えて、L2 津波レベルの想定も含めて「なんとしても生命を守る」ための対応を考えることになる。



図 1 愛知県海岸関係位置図

表1 愛知県内の海岸堤防高の比較 (T. Pm)

	名古屋	師崎	一色	形原	三河
海岸堤防高	4.6	4.5	5.8	4.6	6.5
伊勢湾台風痕跡値 (伊勢湾台風復興誌より) ⁵⁾	3.9	2.1	3.0	3.2	3.0
南海トラフ津波 (中央防災会議平成24年8月29日公表) ⁶⁾	4.2	4.2	5.4	2.8	3.2
東海地震・東南海地震連動地震 (愛知県防災会議平成15年3月) ⁷⁾	2.8	2.2	2.2	1.8	2.4

表1に、既存の海岸堤防の高さ、伊勢湾台風の痕跡値と現在想定されている津波高についての比較を示す。想定津波高は、愛知県内湾における平成24年8月に中央防災会議が発表した南海トラフ地震の想定津波高(市長村別最高津波高)、平成15年度に愛知県防災会議が公表した東海地震、東南海地震の2連動地震の想定津波高を記載した。愛知県においても、太平洋に面する遠州灘では、20mを超える津波の襲来が予測されているが、内湾部の海岸線では、既存の堤防高がL2津波の想定津波高よりも高いか、同程度となっている箇所があることもわかる(地震による破堤はもちろんのこと、地盤の沈降量や津波のせり上がり等を考慮すると、実現象としては、津波高が乗り越える可能性もある)。これは、本県の海岸堤防が、過去より、高潮対策として整備されており、その整備の基準となった台風が、伊勢湾台風という高潮災害では国内最大級の災害を契機に整備されてきた効果であると考えられる。

本県では、今回の地震・津波の防災対策の検討として並行して、海岸管理者が中心となり「愛知県沿岸部における津波・高潮対策検討会」を設置して、平成23年11月より平成25年3月までの1年半にわたり、独自に高潮予測を行い、津波・高潮を比較した海岸防災の今後の方針についても検討を進めてきた。

この検討は、先人達によって残された大きな財産である海岸堤防と防災対策について再認識する機会となった。

今後これらの知見を踏まえ、海岸保全基本計画の改訂を行い、海岸防災対策を進めていく予定である。

このため、今回は、愛知県の高潮災害とその対策について述べることにしたい。

2. 三河湾・伊勢湾沿岸部の地域特性について

本県は、古くから国内から東西の交通の連結点であり、木曾川、庄内川、矢作川、豊川などの大河川により、濃尾平野を始めとする肥沃なデルタ地帯が形成され発展してきた。海岸線は、干潟干拓による造成により前進してきた。このため、表2に示すとおり、平野部では東京都、大阪府と比べても、朔望平均満潮位

表2 3大湾のゼロメートル地帯の面積⁴⁾
主な海拔ゼロメートル地帯 (k m²)

東京都	124
大阪府	54
愛知県	370
濃尾平野	286
岡崎平野	57
豊橋平野	27

(1990年 全国地盤沈下地域の概要)

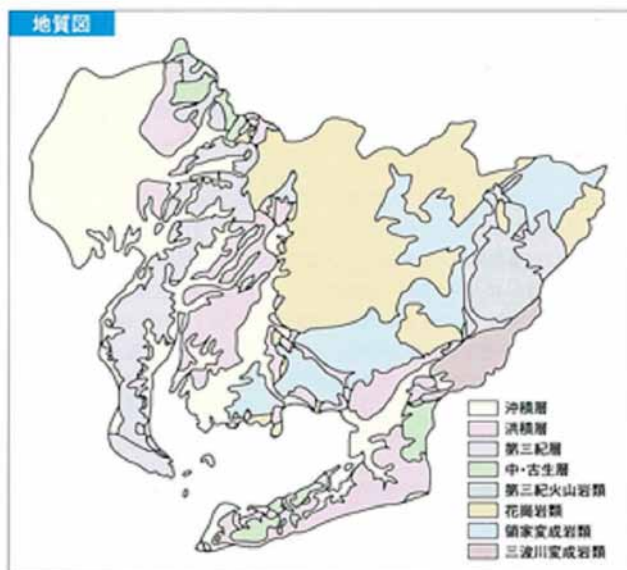


図2 愛知県地形特性 (愛知の河川と海岸より)

2013 年度（第 49 回）水工学に関する夏期研修会講義集

水工学シリーズ 13-B-2

地球温暖化による海象・気象への影響と
可能最大級高潮

岐阜大学 准教授

吉野 純

土木学会

水工学委員会・海岸工学委員会

2013 年 8 月

地球温暖化による海象・気象への影響と可能最大級高潮

Global Warming Impacts on the Global Atmosphere–Ocean System and Maximum Potential Storm Surge

吉野 純

Jun Yoshino

1. はじめに

IPCC 第4次報告書は、地球温暖化によって台風（以降、ハリケーンなど熱帯低気圧全般を意味する用語として使用）の強度が増大する可能性を指摘している。台風強度と海水面温度の間には高い相関があり、温暖化がゆらぎを伴いながら進行することで、より強大な台風が来襲する可能性が高まっている。そのため、台風常襲地帯である我が国では温暖化による台風強大化を見据えて、ハード対策とソフト対策の両面から防災・減災計画の見直しが急務となる。津波災害のみならず台風災害に対しても物理的に生じ得る最悪シナリオを過不足なく適切に評価することで、想定外をも想定してゆく必要がある。

今日まで、海岸構造物の設計潮位・設計波高を評価する際には、既往データに対して確率密度関数を当てはめ、生起確率から再現期間に対する潮位・波高を求めるいわゆる「極値統計解析」が広く用いられてきた。また、台風内部の風速場・気圧場の推算の際には経験的な「経験的台風モデル」を用いるのが一般的であった。しかし、IPCCの予測通りに温暖化が進行し海水面温度が上昇するのならば、今後、台風自体の構造的・属性的な変化が生じる可能性が高く、極値統計解析では温暖化による台風強大化に対する影響を適切に評価できないものと懸念される。更には、経験的台風モデルでは台風による降水を表現できず、雨台風に伴う豪雨災害想定には全く用を成さない。つまり、従来の統計的・経験的な手法に依らない大気海洋力学的な台風災害外力の評価法の開発が必須となってくる。本来、台風そのものは、大気力学に基づく数理的な取り扱いが可能であることから、統計的・経験的な手法に代わって、詳細な素過程の積み重ねに基づく大気モデルをベースとする力学的な手法を新たに開発し、更に温暖化の影響を加味した正確なシナリオ設定の下で台風災害外力を評価することが要求される。

このような背景の中、著者の研究グループでは、地球温暖化による海水温上昇を合理的に加味した上で、熱力学的可能最大強度（定常状態）に達した台風を対象地域に直撃させ、台風災害外力を大気海洋力学的に評価する手法の開発を進めてきた。本稿では、台風（第2節）と地球温暖化（第3節）に関する最新の知見について解説し、将来起こり得る強大化した台風（第4節）がもたらす最悪の高潮「可能最大高潮」の力学的評価手法（第5節および第6節）の詳細について紹介し、その手法を伊勢湾に適用した評価結果（第7節）について議論する。最後に、今後の研究の展望（第8節）を示して結語とする。

2. 台風とは

台風(typhoon)とは、北西太平洋上で最大風速34ノット(17.2m/s)を超えた熱帯低気圧(tropical cyclone)のことを指す。中緯度で発生する温帯低気圧(extratropical cyclone)は、低緯度と高緯度の気温差をエネルギー源とする上層に起源を持つ渦であるのに対して、低緯度で発生する熱帯低気圧は、積乱雲の集合体内における潜熱解放をエネルギー源とする下層に起源を持つ渦である。すなわち、台風の発生・発達には、暖かい海水面から蒸発した多量の水蒸気が本質的な役割を果たす。また、台風には、温帯低気圧とは異なり、寒冷前線や温暖前線といった前線構造を有しておらず、同心円状(軸対称)に近いメソ α スケール(200~2000km)の比較的小規模な大気擾乱である。しかしながら、ひとたび日本列島に接近・上陸すれば暴風雨に

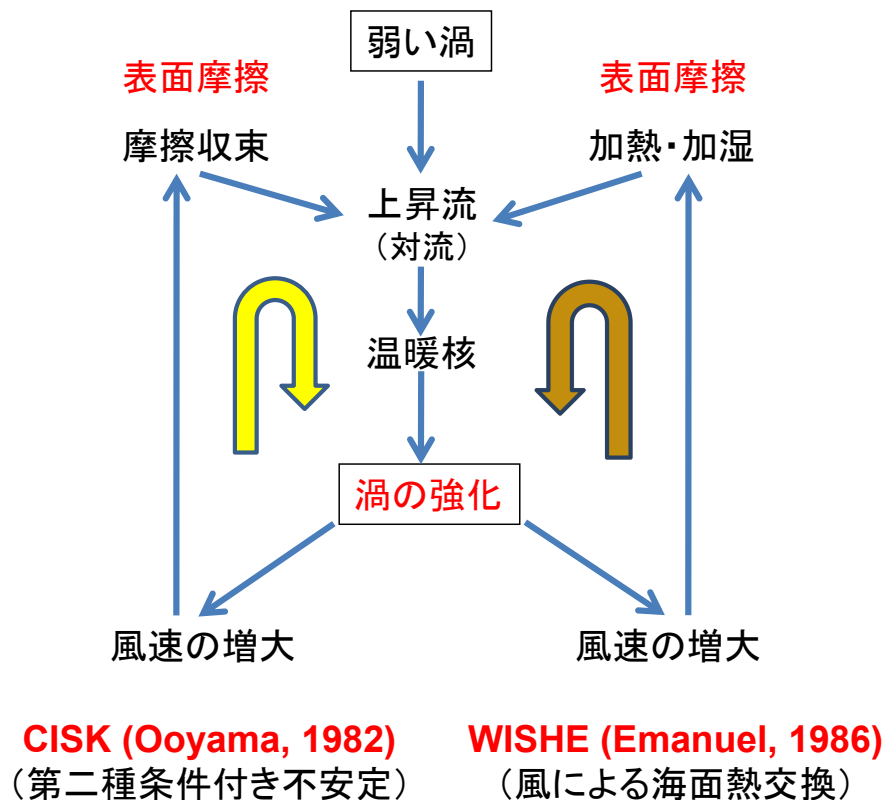


図1：台風の発達のメカニズム

よる大災害のリスクが高まるため、南海上で発生した台風の動向には常に警戒が必要となる。

台風のライフサイクルは、その内部構造や強度変化に着目することで、一般的に「発生期」、「発達期」、「最盛期」、「減衰期」の4つのステージに分類することができる。以下に、ステージ毎に順次、台風の内部構造と強度変化の特徴について概観する。

発生期の台風は、積乱雲の集合体であるクラウドクラスターからなり、台風の中心は不明瞭ではあるものの、台風の特徴である渦巻き状の雲が見られるようになる。特に、1) 海水面温度が26~27℃以上であること、2) 対流圏中層が十分に湿っていること、3) 大気の状態が不安定であること、4) 大気上層と下層の風速差(風の鉛直シア)が小さいこと、5) 大規模な低気圧性回転(偏東風波動)が存在すること、6) 地球の自転効果(コリオリ力)の効く北緯・南緯5度以上にあること、といった6つの条件の下で最大風速34ノット以上の台風へと成長しやすいと言われている(Gray, 1968)。

このようにして発生した台風は、発達期になると、亜熱帯高気圧(いわゆる太平洋高気圧など)の縁辺部の指向流に沿って移動し、暖かい海面上からの水蒸気をエネルギー源として、渦巻き状の大気の流れを強化させる。その結果として、最大風速の増加、中心気圧の低下、強風域の拡大、さらには、台風の特徴である台風の眼も徐々に明瞭になる。台風内部の風が強まることにより、海面上における摩擦収束の強化(CISK: Ooyama, 1982)と水蒸気・熱供給の強化(WISHE: Emanuel, 1986)が同時に起こり、正のフィードバックが作用することで台風が発達する(図1)。

発達期の台風が暖かい海面上を長距離・長時間かけて移動する場合には、時には猛烈な勢力(最大風速105ノット以上)にまで成長し、最盛期を迎える。最大風速は最大となり、中心気圧は最小となり、顕著な下降流により台風の眼も明瞭となる。眼を取り囲む壁雲(eye wall)も顕在化することで、軸対称に近い構造を呈するようになる。しかし、最盛期の台風は際限なく発達できるわけではない。十分に時間をかけて発達することで台風は定常状態に達し、海面からの水蒸気・熱エネルギーの供給と摩擦による運動量エネルギー

2013 年度（第 49 回）水工学に関する夏期研修会講義集

水工学シリーズ 13-B-3

伊勢湾台風級の高潮と確率潮位

名古屋工業大学 准教授

北野利一

土木学会

水工学委員会・海岸工学委員会

2013 年 8 月

伊勢湾台風級の高潮と確率潮位

Statistical Analysis for Extremes

- Return Period & Encounter Probability for Larger Storm Surges than that by Isewan Tayphoon 1959 -

北野 利一

Toshikazu KITANO

1. 名古屋港と三河港の確率潮位

(1) 2009年18号台風

名古屋港と三河港の潮位偏差に対する極値解析の結果を図-1および2に示す。ここで注目すべき点は、2009年に三河港に直撃した台風18号による潮位偏差である。これにより、コンテナの漂流被害が生じたことを記憶されている方も多いと思われる。三河港において、2008年までの観測記録で確率潮位偏差を算出すると(図-2a)、データとの適合が良い(ように見える)。これに対して、2010年まで観測期間を延ばし、2009年の潮位偏差を用いると(図-2b)、得られる確率潮位偏差の曲線は上方修正され、上位1位と2位のデータが外れてる(ように見える)。同様のことが名古屋港でも言えるのかもしれない。すなわち、既往最大値となる伊勢湾台風時の潮位偏差も含めて、観測記録に確率潮位偏差が良好に適合している(ように見える)。たまたま、2009年台風18号は三河港を直撃したが、もし、名古屋港に直撃していたら、同じようなことが起こるであろう。このような結果に直面すると、外力の観測記録と統計解析の結果の適合性の数値の差異を細かく追求することに疑問を感じるのではないだろうか？本稿では、そのような統計や確率の取扱い法を、できるかぎり根底から解き明かそうと企てたものである。沿岸域における来襲波の波動方程式がナビエ・ストークスやオイラーの運動方程式に由来するように、高潮・高波の来襲頻度の統計解析にも根源的な考え方があり、都合のよい曲線で当てはめる作業ではないということが、お分かりいただければ著者の本望である。

上記の解析にあたり、名古屋港の観測期間は1951-2010年の60年間としている。ただし、三河港については、1971年以降の資料であるが、1953年と1959年の高潮記録は特別に与えられている。この場合には、名古屋港との比較から、1953年と1959年の高潮の前後は、顕著な高潮が来襲していないと類推して、1951年から1970年における上位最大2位の極値と判断をすることも妥当であろう。しかし、1971-2010年の40年間の記録に、何年間の最大値と見れば良いのかよくわからない2つの高潮記録が付与されていると見ることも、可能である。このように、連続する記録に付与される孤立した記録を伝説的記録とよび、北野ら(2013a)では、それが付与されることによる効果を検討している。

(2) 観測資料とモデルの適合性とは？

観測資料への確率外力モデルの適合性を計るために、観測記録とそれに対応する確率外力の相関係数を求め、宝・高棹(1988)はSLSC(標準最小二乗基準)を、合田(1988)は相関係数の残差とその平均の比の最小

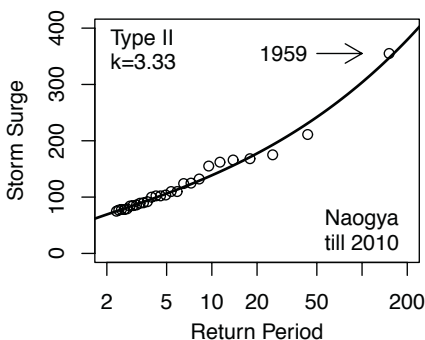


図-1 名古屋港の確率潮位

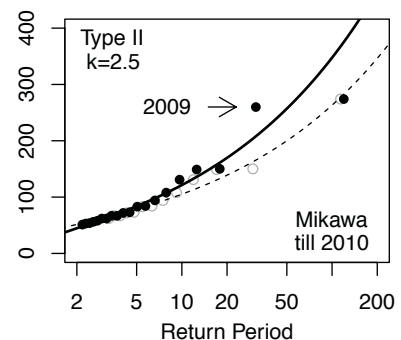
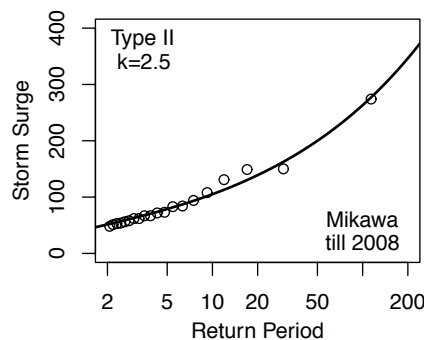


図-2 三河港の確率潮位

のものを良しとする MIR 基準を設けている。また、合田は、相関係数の残差の 95% 範囲に入らないものを候補分布から除く（スクリーニング）ための REC 棄却基準（注：C は Criterion ではなく、Coefficient の略）や、既往最大値を異常値として棄却する目的で、最大偏差に基づく DOL 棄却基準も考案している（合田，2008 にて、まとめられている）。これらの基準を用いて、最終的には、幾つかの候補分布から最良分布を 1 つ選択することになる。そんな都合良く扱っても良いのであろうか？

一目見ただけでも当てはまりが悪いと感じるものを良しとするわけにはいかないが、当てはまりそうな候補分布を幾つか試して、そのなかで当てはまりの良いものを選ぶという方針そのものに致命的な問題があると私は考える。適合が良すぎるのは、むしろ不自然である（そのような不自然さを警告するために、オーバーフィットという概念もある）。過去に生起する可能性があった事象が偶然にも生起しなかった場合、過去の記録に基づいて判断することは、将来に生起する可能性を見逃すという警句が、未曾有の被害をもたらした 2011 年の東日本大震災の後に、しばしば指摘される。まさに、この指摘は、当てはまりの良いものを選ぶという方針の弱点を言い当てているのではないだろうか？ この警句は、統計解析を全般を否定するものではない。科学技術は観測記録に基づくものであり、そのためには、観測記録が本質的に満足すべき原理を定め、その原理を満足する確率分布に観測記録を適合できるかどうかの可否を診断すべきであり、無節操に多様な分布を当てはめて、その中から適合性がよいものを 1 つ選べば良いというものではない。適合性は 1 つに対して良否を確認する程度のものであり、多に対して比較の尺度にするものではないと考える。

2. 再現期間

(1) ベルヌーイ試行における平均待ち時間とポアソン過程における生起率（平均生起数）

例えば、100 年確率潮位偏差 y_{100} とは、何を意味しているか？ 再現期間の定義に従えば、 y_{100} を越える潮位偏差が生じる事象が 1 度生じてから、次に生じるまでの期間の平均が 100 年であるということである。実は、100 年の数え方は 1 とおりではない。そこに、かなり重大な問題点が隠されているのである。

1 年間に生じる潮位偏差の最大値が、ある大きさを越える確率を q とすれば（越えない確率は $1 - q$ であり）、年最大潮位偏差が、ある大きさを越える／越えないの 2 値のいずれかをとるベルヌーイ試行の待ち時間分布である幾何分布から、ある大きさを越えてから次に越えるまでの待ち時間（ n 年め）の期待値 T_1 は、

$$T_1 = E(n) = \sum_{n=1}^{\infty} nq(1-q)^{n-1} = q^{-1} \quad (1)$$

と表される。2 値をとるベルヌーイ試行の典型例として、コイントスが知られる。オモテの出る確率 q とウラの出る確率 $1 - q$ のコインを投げる際の問題は、確率を習い始める学生にとってなじみ深いものである。このようにして得られる T_1 が、多くの論文や教科書で用いられている再現期間である（例えば、合田，2008 を参照せよ）。期待値 T_1 は連続量である実数で定義されるのに対し、この場合の確率変数 n は離散量である自然数で扱われることに注意する。なお、 T_1 における添字 1 は、1 年単位で数えた量 n の期待値であることを明示するものである。後に計算の詳細を示すが、2 年単位で数えた量 $2n$ の期待値は T_1 に一致しない（つまり、この場合の 100 年の数え方には、それぞれ固有なルールがある）。ここで、式 (1) を変形すれば、

$$q = \frac{1}{T_1} \quad (2)$$

を得る。一般に、年を単位とする再現期間 T_1 を分母に、分子の 1 も、この場合は、年を単位として考えると、無名数である超過確率 q が得られると理解すべきである。すなわち、1 年間にける期間最大値が、ある大きさを越えるか／越えないか、という 2 値のベルヌーイ試行を考えるので、先に述べたとおり、確率変数 n は、年単位で数える。日本沿岸における高潮による潮位偏差を考える場合には、同じ年に 2 度も同じ地点に、比較的に大きな潮位偏差が生じることは、ほとんど無いので、年単位でよいではないか、と思われる向きもおられるかもしれないが、以下で述べる問題提起は、それだけが理由ではない。

2013 年度（第 49 回）水工学に関する夏期研修会講義集

水工学シリーズ 13-B-4

防波堤の信頼性設計

神戸大学 教授

長尾 毅

土木学会

水工学委員会・海岸工学委員会

2013 年 8 月

防波堤の信頼性設計

Reliability-based design of breakwaters

長尾 毅
Takashi NAGAO

1. はじめに

信頼性設計法は構造物の破壊の可能性を確率論に基づく手法によって評価する方法であり、その評価方法に応じて3つの設計水準がある¹⁾。最も高位に属するレベル3は構造物の破壊確率 P_f によって、レベル2は信頼性指標 β によって、最も簡易なレベル1は部分係数 γ を用いた性能照査式によってそれぞれ評価される(表-1参照)。信頼性設計法に関しては、例えば文献1)2)3)4)が参考となる。

表-1 信頼性設計法の3つのレベル

設計水準	性能照査式	評価パラメータ
レベル3	$P_{fT} \geq P_f$	破壊確率
レベル2	$\beta_T \leq \beta$	信頼性指標
レベル1	$R_d \geq S_d$	設計用値

港湾の施設の技術上の基準⁵⁾においては、信頼性設計が本格導入されている。本稿では、信頼性設計の基本的な概念を解説するとともに、防波堤の信頼性設計について紹介する。

2. 信頼性設計法概説

(1)レベル3 信頼性設計法

レベル3の信頼性設計法においては、破壊確率を直接評価し、破壊確率が限界値以下になるように断面諸元を設定する。破壊確率は、確率変数の同時確率密度関数を破壊領域で多重積分することにより算出される(式(1)参照)。

$$P_f = \int \cdots \int_{g(\mathbf{X}) < 0} f_{\mathbf{X}}(x_1, x_2, \dots, x_n) dx_1 dx_2, \dots, dx_n \quad (1)$$

ここに、 x_1, x_2, \dots, x_n は確率変数であり、 $f_{\mathbf{X}}(x_1, x_2, \dots, x_n)$ は確率変数の同時確率密度関数、 $g(\mathbf{X})$ は性能関数である。

同時確率密度関数は、例えば、全ての確率変数が正規確率変数の場合は、式(2)により表現される。

$$f_{\mathbf{X}}(\mathbf{x}, \mathbf{C}_x) = (2\pi)^{-n/2} |\mathbf{C}_x|^{-1/2} \exp \left[-\frac{1}{2} (\mathbf{x} - \boldsymbol{\mu}_x)^T \mathbf{C}_x^{-1} (\mathbf{x} - \boldsymbol{\mu}_x) \right] \quad (2)$$

ここに、 \mathbf{C}_x は共分散行列であり、 $\boldsymbol{\mu}_x$ は平均値である。

図-1は簡単な独立な2変数の場合の破壊確率の概念図である。 $f_{x1}(x_1)$ 、 $f_{x2}(x_2)$ は周辺確率密度関数であり、釣鐘状の $f_{x1x2}(x_1, x_2)$ は同時確率密度関数である。2変数の場合、同時確率密度分布は3次元空間における釣鐘状の分布として表現でき、この多重積分は体積となる。すなわち、全領域で多重積分を行うと結果は体積=1となる。破壊確率は、この同時確率密度関数の破壊領域、すなわち図における $Z < 0$ の領域の体積ということになる。

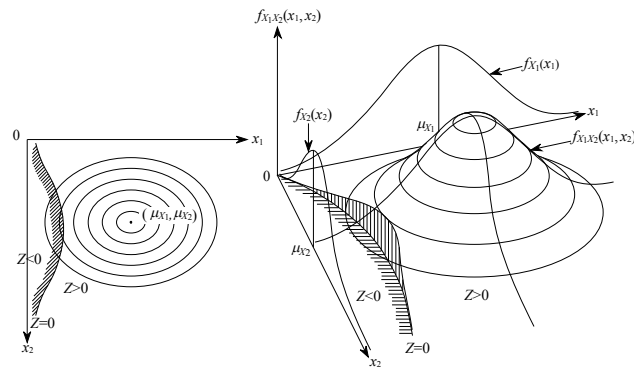


図-1 破壊確率の概念図

ただし、実際の問題にこの多重積分を適用することは困難な場合が多い。一般に多重積分は3重以上の高次の場合は困難であるし、同時確率密度関数を陽な形式で求められない場合もある。このため、式(1)を直接評価するのではなく、モンテカルロシミュレーション(MCS)によって破壊確率を評価する場合がほとんどである。

MCSの一般手順は次のとおりである。

- ① 擬似乱数（一様乱数）を発生させる。
- ② 一様乱数を、必要な確率分布および相関を有する乱数に変換する。
- ③ 得られた乱数の組み合わせを用いて、構造物の安全性を評価する。
- ④ 以上の評価を数多く実施し、破壊と判定された回数を全試行回数で除して破壊確率とする。

ここで、コンピューター内で発生される乱数は、種（seed）に従って一定のルールで発生されるものであるため、擬似乱数と呼ばれる。一様乱数の発生アルゴリズムとしては、乗積合同法や線形合同法などが多く使われてきた。現在でも、各種のアプリケーションの組み込み関数にはこれらの方法が使われていることが多い。ただし、乱数発生アルゴリズムに求められる要件として周期の長さ等があり、線形合同法などには周期等の面で問題があるため、現時点ではメルセンヌ・ツイスタ（Mersenne Twister）などが世界標準的な手法であるといえる。Mersenne Twisterのソースコードは、web上に公開されているものを用いることができる。

一様乱数からそれ以外の確率分布への変換は、確率分布関数の逆演算による。例えば、正規確率変数に変換するためには、式(3)を用いればよい。

$$x_i = \mu_x \left\{ 1 + \Phi^{-1}(r_i) V_x \right\} \quad (3)$$

ここに、 r_i は一様乱数、 Φ は標準正規確率分布関数であり、 μ, V はそれぞれ平均値、変動係数である。

このほかに、正規確率変数への変換としてはBox and Muller⁶⁾による方法も広く用いられている。さらに、正規確率変数への変換方法として、中心極限定理を利用するものもあるが、その適用にあたっては、分布の裾（tail）の部分の適合性に注意が必要である。なぜなら、通常構造物に求められる破壊確率は非常に小さな値であり、小さな破壊確率の正確な評価のためには確率分布の裾の正確な再現性が求められるためである。防波堤の滑動問題に適用した場合、中心極限定理を利用すると裾の部分の再現性が低いために破壊確率を過小評価することが知られている⁷⁾。確率変数が互いに相関を有する場合は、独立な確率変数を、共分散行列を用いた変換などによって相関を有する確率変数に変換しなければならない。

MCSは式(4)に示す多重積分の代わりに、式(5)によって破壊確率の近似解を得る方法である。

$$p_f = \int \cdots \int I[g(\mathbf{x}) \leq 0] f_{\mathbf{x}}(\mathbf{x}) d\mathbf{x} \quad (4)$$

2013 年度（第 49 回）水工学に関する夏期研修会講義集

水工学シリーズ 13-B-5

沿岸域における防災・減災対策について

大阪大学 教授

青木伸一

土木学会

水工学委員会・海岸工学委員会

2013 年 8 月

沿岸域における防災・減災対策について

Prevention and Mitigation of Natural Disasters in Coastal Zone

青木 伸一
Shin-ichi AOKI

1. はじめに

我が国の人口は沿岸部の都市に集中しており、沿岸域は居住、生産、輸送など様々な機能を提供している。沿岸海域も高度に利用されており、漁業、海上輸送、マリレジャーなどのほか、海上空港のような大規模空間開発や廃棄物の最終処分場も海域に求めている。一方、沿岸域は自然災害のリスクが非常に高い地域であり、これまでもたびたび大きな災害に見舞われてきた。特に、2大沿岸災害である津波と高潮では多くの人命や財産を失っているが、それでも我々は科学技術で災害に立ち向かい、沿岸域を利用し続けてきた。先の東日本大震災は、あたかも沿岸災害を克服したかのように思えた現代社会を襲った巨大津波災害であった。この災害を経験した我々がこれからの時代を生きる子孫にどのような沿岸域の姿を残していくのか、重大な岐路に立たされているといっても過言ではあるまい。

人間活動と自然の接点には必然的に自然災害のリスクが存在する。沿岸域には、津波や高潮以外にも、波、流れ、風などによる様々な災害や事故のリスクが潜んでいる。自然現象が確率的である以上、これらのリスクをゼロにすることは不可能であり、ある程度の災害を受け入れる準備をしておく必要があるが、災害の背景には人為的な行為の影響が少なからず存在する場合も多く、回避できる災害も少なくないであろう。以下では、沿岸域から得る便益の代償とも言える災害を極小化する様々な技術（以下では総称して「防災減災技術」と呼ぶことにする）について、単なる科学技術の集合体としてではなく、「社会が備えておくべき総合技術」として構築していくにはどのようなことが必要なのかについて、筆者が関心のあるいくつかの具体的な事例を取り上げて考えてみたい。

2. ハード防災とソフト防災

まず、いわゆる防災（減災）対策について整理しておこう。一般に防災対策は「ハード防災対策」と「ソフト防災対策」に分類される。前者は構造物を利用して災害を制御しようとするものであり、津波や高潮に対しては、海岸堤防、防潮堤、防波堤、水門などの建設・整備が相当する。一方、「ソフト防災対策」は構造物に頼らない防災対策であり、防災教育に始まり、災害の予測技術の開発、災害モニタリング技術の開発、防災情報システムの整備、ハザードマップの整備、避難場所や避難路の整備、など多岐にわたる。ただし、避難場所の整備には津波避難タワーなどの構造物の建設が伴う場合もあり、構造物の有無という観点では両者は必ずしも完全に分離できない。ハード防災とソフト防災をイメージとしてとらえるならば、**図-1**に示すように、ハード防災対策は「壁型の防災対策」（災害と人間社会の間に壁を設けるタイプ）であり、ソフト防災対策は「距離型の防災対策」（災害と人間社会の間の距離を保つタイプ）とみなすことができよう（これらは筆者の造語である）。従来進められてき

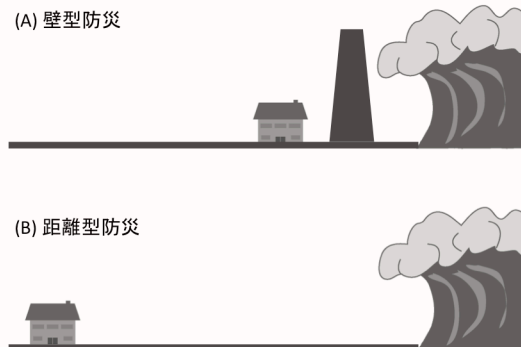


図-1 壁型防災と距離型防災

た防災構造物整備を中心とする壁型の防災対策では、構造物（壁）の設計に当たって設計外力（災害の規模）を設定することが不可欠である。これにより、設計レベル（壁の高さ）を超える災害が見えにくくなり巨大災害に対する備えがおろそかになりがちであることが問題点として指摘できる。一方、距離型の防災対策では、災害との距離を保つために、災害の特徴を知ること、災害情報の獲得、災害から離れるための手段や知恵の獲得など、いわゆるソフト的な対応が必要となる。

ここで、ハード防災対策とソフト防災対策との関連について考えてみよう。図-2 は災害の大きさを横軸に、被害の大きさを縦軸にとって両者の関係を示したものである。ハードな防災対策が施されていない場合には、災害の大きさに比例して被害が大きくなるものとしている。図中に示す「防災レベル」は、ハード防災対策で設定する外力レベルである。この防災レベルを超える外力によって生じる被害については、ソフト防災で対応しなければならない部分であるが、この大きさ（図中に矢印で示している）はハード防災のレベルが高くなればなるほど大きくなっていくことがわかる。つまり、ハード防災のレベルを上げることによってソフト防災の必要度が相対的に低下するわけではなく、逆にソフト防災が対象とすべき災害の大きさが増大することに注目しなければならない。これより、防災減災技術はハード・ソフトの両輪で向上させていかなければ意味がないことがわかる。

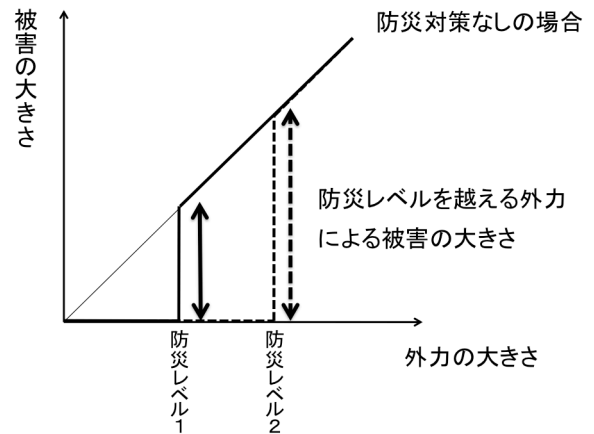


図-2 ハード防災対策とソフト防災対策の関係

3. 種々の防災減災技術

沿岸災害に対する主な防災減災技術をハード防災対策とソフト防災対策に分類してまとめると、表-1 のようになる。これより、ハード防災対策に関わる技術は、対象とする構造物の種類が限られており、関連する技術もほぼ完成しているものが多い。一方、ソフト防災対策技術はきわめて多岐にわたっているだけでなく、技術開発や方法が未完成であるものが多く見られる。これからみても、従来の防災対策がいかにハード依存であったかを物語っている。今後は、ソフト防災対策技術の成熟を図るとともに、新たなハード防災対策の開発も求められよう。また、ハードとソフトの適切な組み合わせを考える必要もあろう。

表-1 沿岸災害に対する防災減災技術

ハード防災対策	ソフト防災対策
海岸堤防，胸壁等の防潮堤の建設技術	津波，高潮，波浪等のシミュレーション技術
津波防波堤，高潮防波堤の建設技術	災害・被害の予測技術
水門，陸閘の建設技術	地震・気象・海象のモニタリング技術
防災構造物の耐震性強化	ハザードマップ等の作成・利用技術
構造物の点検・維持管理，補修技術	警報等の発令・伝達システム開発技術
構造物の防災機能評価技術	避難場所・避難経路の設定，避難訓練の方法
構造物の耐波設計技術	海岸防災林，緩衝地帯の整備
	防災教育の方法，教材開発
	過去の災害の調査技術
	地域防災計画，事業継続計画（BCP）
	法律整備，土地利用計画，防災まちづくり

2013 年度（第 49 回）水工学に関する夏期研修会講義集

水工学シリーズ 13-B-6

南海トラフ巨大地震津波について

名古屋大学 教授

水谷法美

土木学会

水工学委員会・海岸工学委員会

2013 年 8 月

南海トラフ巨大地震津波について

On Tsunami Caused by Nankai Trough Earthquake

水谷法美

Norimi MIZUTANI

1. はじめに

2011年3月11日に東北地方太平洋沖地震が発生し、巨大な津波を引き起こした。地震の規模はモーメントマグニチュード Mw9.0 で、日本周辺で発生した地震では、観測史上最大の地震であった。この地震の震源域は非常に広く、南北約 450km、東西約 200km とされている (Mori et al., 2012)。そしてこの広大な震源域で生じた海底地形の変動により、巨大な津波が発生し、東北地方および関東地方の太平洋沿岸部を中心に甚大な被害をもたらした。特にこの津波には、プレート境界付近の浅いところでの地盤のずれが津波の巨大化に寄与したことが指摘されている。

一方、日本近海で発生が懸念されている海溝型の巨大地震として、南海トラフ沿いの地震がある。東海地震の発生の可能性が指摘され、その予知に関し、観測態勢や万一の際の対応について随分検討が行われてきているが、これとともに 2003 年に内閣府中央防災会議は、東海・東南海・南海の三連動地震に関する検討を行い、想定される地震や津波の規模などを公表してきた。そしてそれに基づいて関連する自治体ではその対策を検討してきたところである。

しかしながら、東北地方太平洋沖地震が想定を超える規模で発生し、未曾有の被害をもたらしたことを受け、2003 年の中央防災会議で想定されたマグニチュード 8.7 の地震とそれにとまなう津波の規模について、改めて検討が行われ、2012 年 8 月 29 日には、新たな南海トラフ巨大地震の第二次報告が公表された (内閣府, 2012)。既に巨大地震による津波高について同年 3 月 31 日に第一次報告が公表されていた (南海トラフの巨大地震モデル検討会, 2012) が、第二次報告では、より詳細な検討が行われている。また、この報告をうけて、多くの自治体で最大クラスの津波の浸水想定と被害想定を検討されている。本報では、この南海地震巨大地震津波について述べる。

2. 南海トラフにおける想定地震 (内閣府, 2012)

内閣府では、2011 年 8 月に「南海トラフの巨大地震モデル検討会」を設置し、いわゆる“想定外”をなくすため、起こりうる最大クラスの規模の地震・津波について検討してきた。そこでは、震源域を 5 つの基本ケースとそれらに加え、それらの派生的な 6 ケースを加えた合計 11 ケースが考えられている。基本的な 5 つのケースは、下記のものである。

- ・ケース 1「駿河湾～紀伊半島沖」に「大すべり域+超大すべり域」を設定
- ・ケース 2「紀伊半島沖」に「大すべり域+超大すべり域」を設定
- ・ケース 3「紀伊半島沖～四国沖」に「大すべり域+超大すべり域」を設定
- ・ケース 4「四国沖」に「大すべり域+超大すべり域」を設定
- ・ケース 5「四国沖～九州沖」に「大すべり域+超大すべり域」を設定

これらの震源域は、2003 年の東海・東南海・南海の三連動地震の震源域を包含するだけでなく、日向灘北部から南西部にかけての震源域も含むとともに、特に巨大な津波を引き起こすと考えられるトラフ軸沿いの深さ約 10km の比較的浅い部分も含めたものとなっている。それぞれの震源は図-1 に示すとおりである。なお、派生的な 6 ケースは、これらに加え、分岐断層も考えたもの (2 ケース)、および大すべり域・超大すべり域

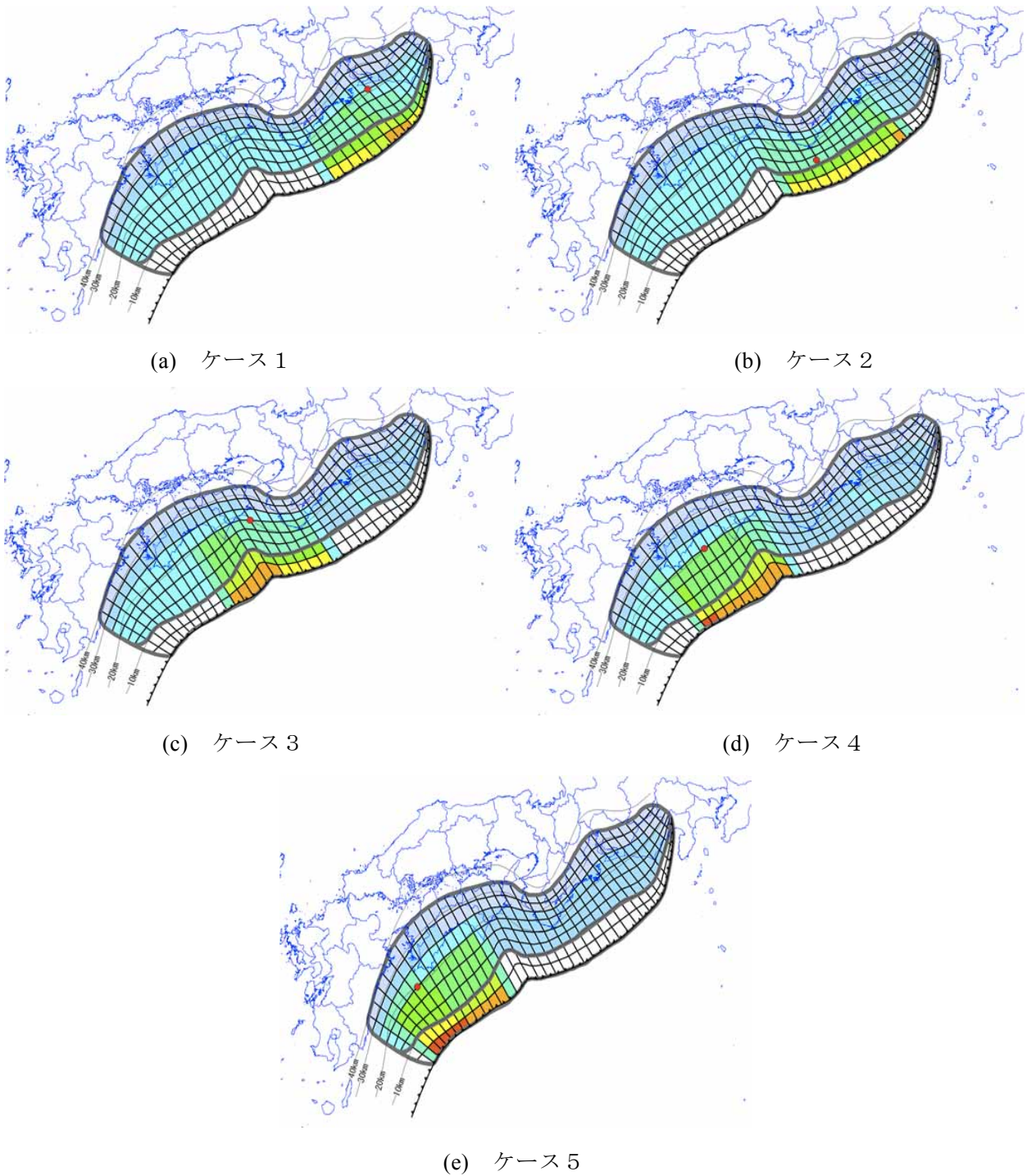


図-1 南海トラフ巨大地震の想定震源域（基本ケース：ケース 1～ケース 5）（内閣府（2012）より）

り域が 2 カ所設定したもの（4 ケース）である。

津波を引き起こすとされる津波断層モデルについては、上記のように「大すべり域」と「超大すべり域」が考えられている。「大すべり域」は津波断層の平均すべり量の 2 倍以上のすべり量となる領域、「超大すべり域」は平均すべり量の 4 倍以上のすべり量となる領域で、前者は津波断層面の比較的浅い側に位置し、後者は更に浅いところに位置するもので、上述のトラフ沿いに位置するものである。地震の規模については、主部断層はマグニチュード Mw9.0、平均すべり量 10m であるが、トラフ沿いの津波断層モデルも含めた場合、全体のマグニチュードは Mw9.1 となり、大すべり域と超大すべり域のすべり量はそれぞれ約 20m と約 40m とされている。

2013 年度（第 49 回）水工学に関する夏期研修会講義集

水工学シリーズ 13-B-7

津波防災の歴史と今後の課題

東北大学 名誉教授

首藤伸夫

土木学会

水工学委員会・海岸工学委員会

2013 年 8 月

津波防災の歴史と今後の課題

Tsunami Defense Works in the Past and Problems for the Future

東北大学 名誉教授 首藤伸夫

1. はじめに

自然災害は、自然と人間社会が交差する所で発生する。通常は自然の恵みを享受して居ても、外力がある大きさを超えると災害につながる。外力が同じであっても、人間社会のあり方が変われば、規模や種類の異なる災害が起こる。津波災害も例外ではない。

人間の対抗手段が変われば、災害の規模が変わる。それを見て、人間の心に変化が生じる。心の変化が次の対応に繋がる。日本でこれが起こったのは、1960年を境にしてと云ってほぼ差し支えない。

ここでは、文献によって昔の津波災害を知り、それぞれの時期の対策について見て行く事とする。文献の多くは津波デジタルライブラリ (<http://tdl.civil.tohoku.ac.jp>) で見る事が出来る。また、過去の津波高を知ろうとするときには、津波痕跡データベース (<http://tsunami3.civil.tohoku.ac.jp>) を参照されたい。ここには、津波高を、発生位置情報のみならず、根拠となった文献の信頼度や数値そのものの信頼度も記入してある。

2. 過去半世紀間に自然との付き合い方は変化した

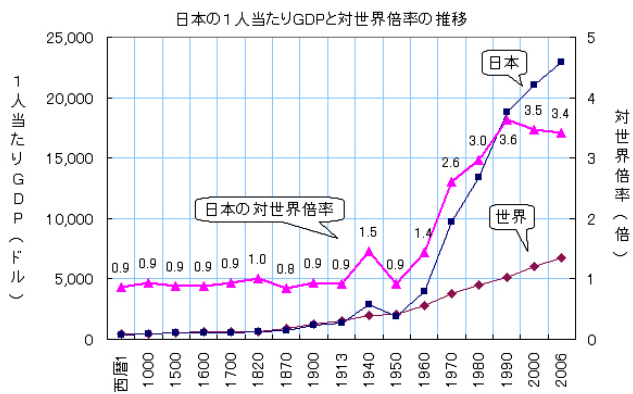
1940年代の日本では、大雨があれば洪水になるのは当たり前であった。なにしろ、40万平方キロの国土のうち、3/4は山地である。年間1700mmもの雨が、台風・前線性降雨・雪でもたらされ、山は世界平均の10倍もの速さで削られ、それが運ばれ落とされて出来あがった沖積平野が、我々が活動している場所である。国土面積のわずか1/4でしかない。

そこを利用した人々は、水が出て当たり前での生活をした。危険ではあるが、入り込めば実入りはよい。一時避難所を水山、水屋と云う形で用意したのは北上川下流地帯の人々である。一関市千歳橋東詰めでは、洪水が出るたびに家屋を綱で大木に繋ぎ、引き際のまだ浮いている家屋を元の場所に引き戻して住んだと云うたくましい例もある。大井川下流部の舟形屋敷もそうした類だし、長良・揖斐・木曾三川の輪中を知らない人は居るまい。

1958年の事である。静岡県伊豆半島を縦断し沼津で海に出る狩野川が大氾濫を引き起こした。このとき、初めて河川技術者が災害直後の川を飛行機から眺めた。降りて来ての第一声が、「川は自分の流れたように流れて居た」であった。堤防や水門などの人工構造物は全く無視されたのである。当時の人はこのことを自覚して居た。

下って1986年、宮城県松島の北にある鹿島台町で、吉田川が破堤氾濫した。ここは品井沼と云って元禄時代から干拓の試みがなされ、明治以降に使われるようになった所である。破堤後1週間も経ったころ訪ねてみると、周囲はまだ惨憺たる有様なのに、もう普段の生活に戻っていた家が一軒あった。「さすが地元の人

だ。昔、沼だった事を知って居たのだろう」と尋ねると、「違う。1950年に他所から来た。回りを見ると堤防がやけに高い。これは何かあるぞと、一階の壁は石壁にし、納屋には小舟を用意して置いた。36年目に役立ったね」。



図一1 国民所得の推移

今、平成大震災の事後処理において、「堤防が高くないと安心出来ない」との声が大きい。まったく正反対である。

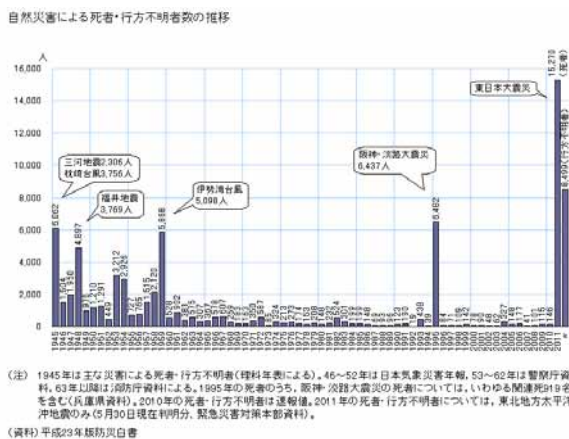
どうしてこうした変化が生じたのか。いつ頃からそうなったのか。1960年がその境であったとして良いであろう。

1950年代から、エネルギーを水力発電に求めて、大型のダム建設が進行するが、資金は世銀からの融資等が主であった。自前の金がつぎ込まれるのは、1960年から始まる所得倍増計画が進行してからである。図一1に示すように、国民所得が急増して行く。

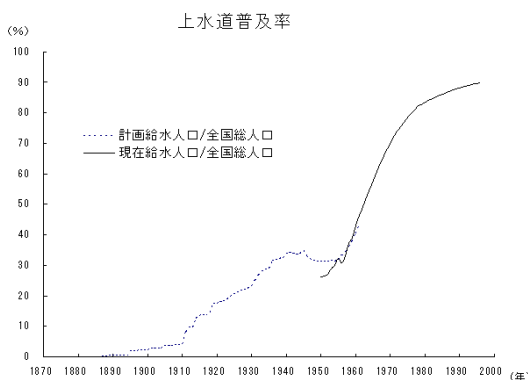
こうして財源が確保された一方、構造物の材料は、それまでの土・木・石から、鉄・コンクリートに変わる。エネルギー源が石炭から石油に変わり、大型土木機械の運用も楽になる。傾いた堤防法面をコンクリートで覆うのも、バイブレーターの御陰で可能となった。

こうした対策の進行に伴い、自然災害による死者行方不明者の数は激減する。図一2がそれである。

これに加えて、災害防止以外の社会基盤も充実して行く。図一3に、上水道の普及率を示すが、これも1960年を境として急に伸びて行く。それまでは井戸を自分で維持して居た。年に一度は自分で清掃をしなければ次の一年美味しい水を飲めなかった。良い水を供給するのは自分の責任であった。それが、きれいな水を供給するのは水道局の責任に変わった。こうして生活を維持するシステムが都市化するとともに、生活を営む考え方も都市化し、専門家に任せ頼る事になった。「水道の事は水道の専門家に。防災の事は防災の専門家に」となってしまう、場所毎に異なる自然災害を見る姿勢が忘れられて行く。



図一2 自然災害による死者行方不明者数の推移
(www2.ttcn.ne.jp/honkawa/4365.html)



資料出所：1907年～1961年「日本水道史」(日本水道協会)
1947年～1986年「水道統計」(厚生労働省)

図一3 上水道普及率の推移

リ津波記念誌の写真の表題が、「人間は自然を制御するか？ 自然は人間を嘲笑するか？」となって居るように、本当に構造物で防げるのかと疑問に思っ居たのである。

チリ津波対策緊急事業が終了した直後、1968年5月16日、十勝沖地震津波が発生した。津波高がチリ津

2013 年度（第 49 回）水工学に関する夏期研修会講義集

水工学シリーズ 13-B-8

地域防災力の向上を目指して

関西学院大学 准教授

松田曜子

土木学会

水工学委員会・海岸工学委員会

2013 年 8 月

地域防災力の向上を目指して

Towards disaster resilient communities

松田 曜子
Yoko MATSUDA

1. はじめに

本研修会では、水工学に関わる様々な専門分野から、迫りくる巨大災害に打ち克つための方策を考えてきた。これまで「災害に強いまちづくり」のあり方について考え、防災NPOで実践を試みてきた私が僭越ながら講義の最後を締めくくるにあたり、「リスクコミュニケーション」、「地域における『協働』」、「disaster-resilientな社会」という3つのキーワードで、総合的な地域防災について考える機会を提供してみたい。なお、下記の論文は、拙著の博士学位論文（2007）、名古屋都市センター特別研究員（2009）の成果、および現職の関西学院大学災害復興制度研究所の紀要に掲載した成果（2013）の再録である。

2. リスクコミュニケーションと地域診断

(1) 一方向的コミュニケーションモデルと熟議的コミュニケーションモデル

リスクコミュニケーションの発展は、端的には一方向的（one-way）コミュニケーションから熟議的（deliberative）コミュニケーションへの変遷と解釈できる。その過程で本質的に変化したのは、コミュニケーション過程における住民と専門家の関わり方であると考えられる。以下では、市民と専門家の関わり方に着目しながら、リスクコミュニケーションに関する研究の発展の過程を、順を追って整理する。

リスクコミュニケーションは、今日のリスク現象に対してはもはや単純なリスク評価（assessment）によってはリスクマネジメント（management）を滞りなく行い得ないという問題意識から、主体間でリスクに関する認識を共有するコミュニケーションプロセスとして検討が始められた。

1980年代には、リスクコミュニケーションは、広報戦略や情報の普及政策問題として捉えられており、もっぱら専門家が、一般の人々のリスク認知を修正する（つまり、客観的リスクに近づける）ために効果的となる、個人の属性、情報の内容、および伝達手段を明らかにすることに関心が向けられていた¹⁾。このコミュニケーションは、リスク専門家が個人に対し一方的に送る情報によって、個人の主観的リスクの認知を変化させ、リスクを受容するように説得することが目標とされる「一方向的コミュニケーション」モデルである。このモデルの背景には、住民はリスクの認識が欠如しており、啓発しなければならないという前提が敷かれている²⁾。言い換えれば一般の人々が、客観的リスクに基づいた合理的な行動がとれないのは、リスクに関する情報が十分に与えられていないからであるという考えに基づいている。この前提のもと進められた研究のうち、特に発展した分野が、客観的リスクと主観的リスクの差に着目した認知リスクバイアス研究であった。とりわけSlovicら³⁾によるリスク認知次元の検討研究の貢献は大きく⁴⁾現在でもリスクコミュニケーション研究の主要な成果の一つである。

ところがこのモデルに基づいた知見が得られるにつれ、一方向的コミュニケーションの限界も明らかになってきた。信頼が確保されていない専門家からの情報伝達は、必ずしも住民のリスクの理解に結びつかないことが示されたのである。その結果、両者の間に信頼関係を構築するという目的で、専門家から住民だけではなく、住民から専門家へのメッセージの発信、つまり双方向的なコミュニケーションの重要性が指摘され

るようになった。

以上のような初期の議論を総括し、米国研究審議会（National Research Council）が1989年にリスクコミュニケーションの基本的な定義をまとめた。その定義は、「リスクコミュニケーションは、個人とグループそして組織の間で情報や意見を交換する相互作用的過程である。それはリスクの特質についての多種多様のメッセージと、厳密にリスクについてでなくても、関連事や意見またはリスクメッセージに対する反応とかりスク管理のための法的、制度的対処への反応についての他のメッセージを必然的に伴う」というものである⁵⁾。コミュニケーションが双方向的に行われることを強調した米国研究審議会の定義は、リスクコミュニケーションの研究が「第一世代」から「第二世代」¹⁾へと転換する時期に発表された。この定義以前には、研究者にも実務者の間にもコミュニケーションを双方向的に行うという発想は乏しかった。他方この定義が現れた以降は、双方向的なコミュニケーションをどのように実現するかという問題へと研究の論点が移行していった。

1990年代に入り、専門家への信頼の問題が検討されたのとほぼ同じころ、リスクに関して新たな議論が起り始めた。それは、科学技術の急速な発展のため、認知リスクバイアスの基準となるべき客観的リスクにも科学的不確実性が生じ、リスクに関して専門家間で意見が異なることが珍しくなくなったことである⁴⁾。専門家であっても、科学によって裏付けられた評価を示すことができないリスクに対しては、専門家の知識のみに拠らない別の方法によって、社会全体でリスク施策に対する合意を形成するしくみが必要になった。こうして支持されるようになった手法が、多様な主体が同じ場に集う機会を設定し、リスクの評価や関連する問題の理解に努めるといふ、いわゆる参加型による合意形成手法である。参加主体が単に物理的に集うだけではなく、参加主体が合意形成過程の初期から問題の詳細について話し合いを重ね、互いの意見や考えを理解していく方法を「熟議的コミュニケーション」モデルと呼ぶ⁶⁾。熟議的コミュニケーションモデルは、双方向的なコミュニケーションの概念よりも一歩踏み込んで、科学によって裏付けられない問題に解を示すときには、そこで生活を営む当事者である市民の知識（この知識は、ある種の地域知（ローカルノレッジ）と呼ばれる。）を積極的に取り入れるべきだという信念に基づいている。現在の多くのリスクコミュニケーション研究は、熟議的コミュニケーションが一方向的コミュニケーションよりもより民主的な手法であると評価しており、これをいかに実現するかについて検討を重ねている。

ただし本論文では、とりわけ災害の問題を扱うときには、あらゆるリスクコミュニケーションの場面で熟議的コミュニケーションが有効であるわけではないと考える。特に熟議的コミュニケーションが有効ではないと考えられる場面は二つあり、一つは、後で述べる災害発生直後のリスクコミュニケーションの場合など、災害から命を守るという目的の達成のためには、一方向的なコミュニケーションを行うほうが合理的であるとき、もう一つは、熟議的コミュニケーションを成立させるのが難しいときである。「多様な主体が参加し、互いの意見や考えを理解する」熟議的コミュニケーションの成立には、コミュニケーションに参加する主体の全体像がある程度定まっておき、かつそれがなされる「安定的な場」が存在していることが前提である。そのためには、地域においてある程度社会的ネットワークが機能しており、かつ参加主体が「災害に対する備え」に関する一定の関心（awareness）を示しているなどの要件を満たす必要がある。この要件を満たせず、「安定的な場」を形成するまでに至らないときは、次善策として一方向的コミュニケーションを利用する場合も考えられる。

(2) 災害を対象としたリスクコミュニケーションの研究

吉川⁷⁾によれば、災害を対象にしたリスクコミュニケーションは、リスクコミュニケーションという言葉が使われ始めた当初から、重要視されていた。災害のリスクコミュニケーションも、他のリスクコミュニケーション研究と同様に、初期は一方向的コミュニケーションモデルを採用した研究が主流であり、近年になり熟議的コミュニケーションモデルを想定した研究が多くなっている。