

# 地球温暖化による海面上昇と バングラデッシュの洪水

01700130 慶應義塾大学 柳井 浩

## 1. はじめに

地球の温暖化による海面の上昇は、あるいは50cm、あるいは3mといわれる。その時期も、数十年とも、また、21世紀末ともいわれる[2]~[3]。

海面上昇の問題はバングラデッシュのような国にとっては深刻である。国土の大部分が海拔30m以下の、低く、広大な平野であり、ここに大河川が注ぎ込む。雨期には、サイクロンによる歴大な降雨がこれに加わることもある。この時の低気圧は、ベンガル湾の海面を7-10mも上昇させるといわれ、バングラデッシュの平野は水はけの悪い遊水池と化してしまう。このため、この国の国土の実に60%以上が水に覆われ、悲惨な結果をもたらすのも、歴史的に見て稀ではない。

これに、海面上昇が追い打ちをかければ、どうなるだろうか？筆者等は以前に、簡単な微分方程式モデルを構成し、バングラデッシュの洪水の問題について考察して見たことがある[1]。本研究では、このモデルにもとづいて海面上昇の効果を見積もってみた。

## 2. モデル

まず、モデルの概要を述べておく(詳細については[1]を参照)。バングラデッシュの水位を $x(m)$ 、時刻を $t$ とすると、水位の変化が微分方程式

$$\frac{dx}{dt} = \frac{p(t) - f(x, y)}{S(x)} \quad (1)$$

に従うというのがこのモデルである。ここに、

$p(t)$ : 時刻 $t$ におけるバングラデッシュへの  
単位時間当たりの水の流入量  
(上流からの流入+降雨)

$S(x)$ : 地形-海拔 $x(m)$ 以下の地域の面積、  
また、

$f(x, y)$ : バングラデッシュの水位が $x(m)$ で、  
海面の高さが $y(m)$ であるときの  
単位時間当たりの水の流出量

である。

これらの諸量のうち、水の流入量 $p(t)$ は年々変化するものではあるが、標準的なものとして、表

1のような場合を考え、さらにサイクロン上陸時には1ヶ月あたりにして

$$64.88 \times 10^{10} m^3$$

の流入量があるものとした。

表 1

乾期(11~3月)	$5.91 \times 10^{10} m^3 / \text{月}$
小雨期(4~5月)	$16.36 \times 10^{10} m^3 / \text{月}$
雨期(6~10月)	$37.34 \times 10^{10} m^3 / \text{月}$

地形 $S(x)$ としては、地図からデータをとって作った近似式

$$S(x) = \begin{cases} 2.172 \times \sqrt{x_0} \times 10^{10} (m^2) & (x \leq x_0) \\ 2.172 \times \sqrt{x} \times 10^{10} (m^2) & (x > x_0) \end{cases} \quad (2)$$

$$x_0 = 1.6$$

を用いることにした。

さらに、流出量としては

$$f(x, y) = 12.5 \times 10^{10} \times |x - y|^{0.3} \quad (3)$$

という関数を用いた。

また、海面の高さ $y$ については、もともとは、通常ゼロ、サイクロン上陸時には7mとして、これにさらに1,2および3(m)の上昇を想定した。

## 3. シミュレーションとその結果

現在の海面の高さを0mとして、これが、1,2,3mと上昇した場合の冠水率(冠水した面積の国土に対する割合)の推移を2年間にわたって追跡した結果を示したのが図1および図2である。(シミュレーションでは、初期条件の影響を除くため、これに先立つ2年分の追跡をしている) 図1は通常年を、図2は1年目にサイクロンの上陸を想定したものである。また、図3には1年目

の平均冠水率が示されている。

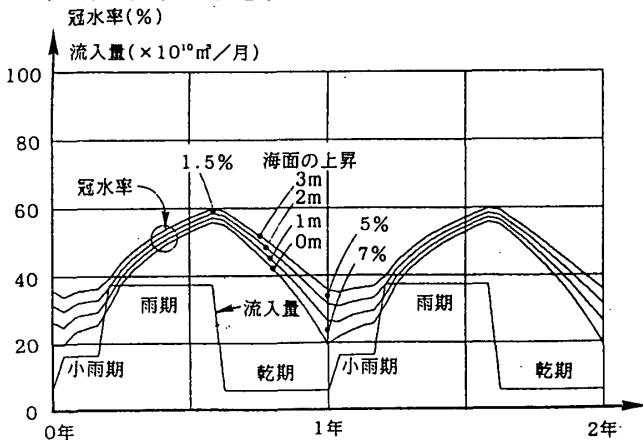


図1 冠水率の推移, サイクロンのない場合

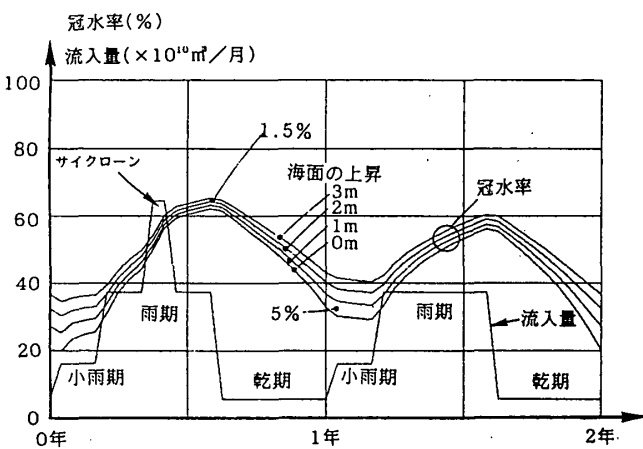


図2 冠水率の推移, サイクロンのある場合

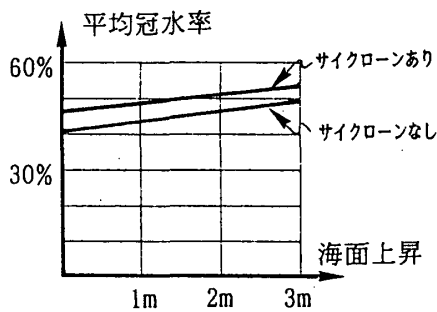


図3 平均冠水率

これらから見れば、海面の上昇による冠水率増加の様子が分かる。平均冠水率で見れば、1mの海面上昇あたり約4%の増加が見込まれるが、標高の低い地域では、土地の形状のゆえであろうか、冠水率の増加が特に著しい。雨期における冠水率の増分が約1.5%であるのに対して、乾期の終わりにおける増分は5~7%に達する。特にサイクロン来襲後時の水の“引き”の悪さは、そうでもなくとも著しいものであるが、海面の上昇はこれに拍車をかけることになる。

また、図1および図2を比較すれば、3mの海面上昇は、通常年であっても、サイクロンの襲来とほぼ同じ効果を示すということも出来よう。

#### 4. 大ざっぱな見積もりとの比較

$\delta(m)$ の海面上昇は、大ざっぱにいて $\delta(m)$ の地盤沈下と見なせる。標高 $x(m)$ 以下の土地の面積は $S(x)$ だから、新しい地形を $S^*(x)$ とすれば、

$$S^*(x) = S(x + \delta) \approx S(x) + S'(x)\delta \quad (4)$$

となる。そこで、標高 $x(m)$ まで冠水すれば、冠水部分の面積は従来より $S'(x)\delta$ だけ増加することになる。(2)式の $x > x_0$ の場合についてこれを計算すれば、

$$S'(x)\delta = \frac{(2.172 \times 10^{10})^2}{2S(x)}\delta \quad (5)$$

となる。さらに $S(x)$ を国土全体の面積(144,000km<sup>2</sup>)で割った冠水率を $w(x)$ とすれば、 $\delta(m)$ の海面上昇に対する冠水率の増加は

$$w'(x)\delta = \frac{1}{2} \left( \frac{2.172}{14.4} \right)^2 \frac{1}{w(x)}\delta \quad (6)$$

となる。これをグラフに画いたのが図4であり、その値は、図1および図2のそれに充分近い値になっている。それと同時に、多大の水の流入と降雨とともに、扁平なバングラデッシュの土地の形状が問題に大きく影響していることもよく分かる。

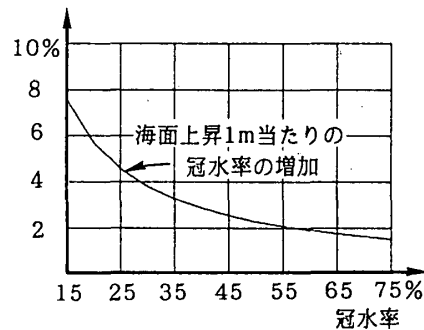


図4 冠水率とその増加

#### 文献

- [1] 山重 裕之, 柳井 浩「バングラデッシュのに関する微分方程式モデル」オペレーションズ・リサーチ, 1996年4月号, pp.222-227
- [2] Hoffman, J.S. "Projecting future sea level rise: methodology, estimates to the year 2100, and research needs" U.S. Environmental Protection Agency, 1983
- [3] "Glaciers, Ice sheets, and sea level: effect of CO<sub>2</sub>-induced climate change" Report of a workshop held in Seattle, Washington, Sept. 13-15, 1984 U.S. Dept. of Energy