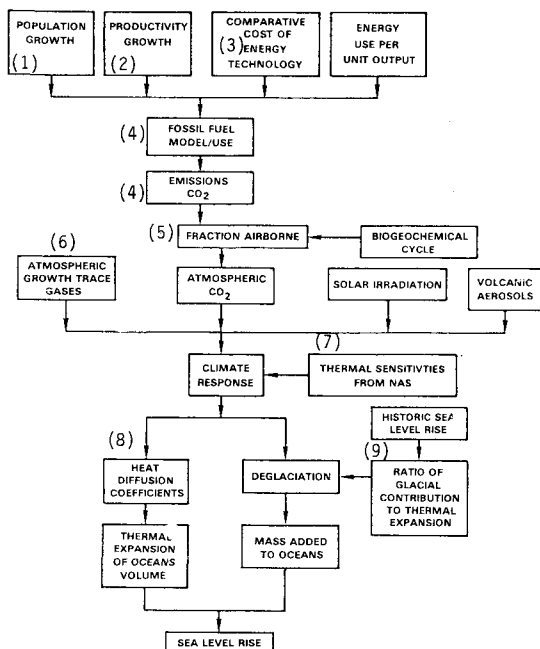


京都大学工学部 正 酒井哲郎、大本組 正 山本晃之

1. まえがき 「地球90年代から気温上昇、温室効果は現実問題、また例えばサウスカロライナ州チャールストンでは海の水位が2100年までに1.2mから2.1mも上昇する恐れがあり・・・」、「7年後から温室効果、炭酸ガスふえ地球の温度が上昇」。以上は昭和58年10月19日の朝日新聞第1面および毎日新聞第3面の見出しおよび記事の一部である。これは、米国環境保護局のいわゆる温室効果に関する研究報告の発表を伝えたものである。この場合の平均海面上昇は、これまで言われていた地質学的スケールでの海面上昇と違い今後約100年間の、しかも化石燃料使用という人工的な原因によるものである。これ以後この問題についてはほとんど話題にならない。むしろ最近、核戦争による気候の急激な寒冷化のほうが話題になっている。しかし核戦争を期待するわけにはいかないし、上述の「2100年までに1.2mから2.1m海面が上昇する」という記述は、 $(120 \sim 210 \text{ cm}) / 117$ 年という上昇割合になり、これまで観測結果から言われている年1~2mmという割合¹⁾より1オーダー大きい。この大きさと、あくまで予測にすぎないということから、その信頼性には疑問を抱きかねない。ここではこの予測の基礎となっている考えと仮定を、米国環境保護局（以後EPAと略）の報告書²⁾から紹介するとともに、この予測の海岸工学的意味に関して議論する。

2. EPAの温室効果による平均海面上昇量の予測 EPAの行なった温室効果による平均海面上昇量の予測の考えは、図-1に要約されている。(1) まず世界の人口増加率は、2075年までに0になると仮定した。(2) 経済成長率は、highシナリオでははじめは3.5%/年、2100年までに2.2%/年（過去30年の値より小さい）、lowシナリオでははじめ2.2%/年、2100年までに1.7%/年とした。(3) エネルギー技術の費用は、highシナリオでは変わらないとし、lowシナリオでは原子力エネルギー技術の費用が現在の半分になるとしている。(4) 以上の仮定を組み合せ、モデルを用いて化石燃料の使用量とそれによる炭酸ガスの放出量を計算した。(5) 放出された炭酸ガスのうち大気中に残る割合として、highシナリオでは61~80%、lowシナリオでは過去のデータから53%とした。(6) 温室効果を有する他のガス(N_2O 、メタンなど)の大気中での増加率は、過去のデータを用いた。(7) 炭酸ガスの大気中における濃度が、1880年における値の倍になった場合の気温の上昇を、highシナリオでは 4.5°C 、lowシナリオでは 1.5°C と仮定した。(8) 海洋の上層部から下層への熱拡散係数として、2つのシナリオでそれぞれ1.9および $1.18 \text{ cm}^2 \text{ sec}^{-1}$ とした。(9) 気温の上昇による陸上の氷の溶解による海面上昇量は、海洋の熱膨張による上昇量と比べて、それぞれのシナリオで2:1および1:1とした。

海洋の熱膨張による平均海面上昇と氷の溶解によるその合計の予測値は、表-1に示されている。報告書では、実際の上昇量は2つのmid-rangeシナリオの値の間になる可能性が高いとしている。(1)~(8)までの仮定

図-1 EPAの方法²⁾

と方法に関しては、同じ仮定と方法で計算された過去 100年間の大気の気温の変化をよく説明していること³⁾から、その信頼性は高いと思われるが、(9)の仮定の信頼性は相対的に低い。

表-1 EPAの予測値(cm)²⁾

Scenario	Year			
	2000	2025	2050	2100
High	17.1	54.9	118.7	345.0
Mid-range high	13.2	39.3	78.9	216.6
Mid-range low	8.8	26.2	52.6	144.4
Low	4.8	13.0	23.8	56.2

3. EPAの平均海面上昇予測値の海岸工学的意味 米国では、この報告が出る以前から、平均海面は上昇し続けるので海岸地域に投資をするのは無駄であるという「海岸地域への投資無用論」⁴⁾がある。背後に広大な土地を有する米国と異なって、日本では平均海面が上昇しても、海岸付近で生活し続けるを得ない。表-1からは、50年後には約 50cm 平均海面が上昇する可能性が高いことになる。米国では、上述の新聞の記事にもあったように、

2つの具体的な地域で、この平均海面の上昇のもたらす影響として、海岸線の後退、高潮による氾濫域の変化、地下水への海水の侵入に関して検討がなされている^{6), 7)}。また日本でも EPAの報告が出る前に、港湾施設に関しては、地盤沈下をも含めた場合に関してその影響が議論されている⁸⁾。

ここでは具体例として、まず大阪における高潮対策への影響を考えてみる。大阪市の沿岸では、防潮水門および防潮堤を併用した防潮方式をとっており⁹⁾、平均水面の上昇は、天端高との比較で検討すればよいことになる。計画目標として、伊勢湾台風と同規模の台風が大阪湾に最悪のコース(室戸台風の経路)を通して、満潮時に来襲した場合を想定している。この場合の水位は OP+5.2m で、この水位に風波の波高および地盤沈下を考慮して 0.8~2.9mを加えている。したがって、50年後の 0.5m の平均水位の上昇は、風波および地盤沈下を考慮した追加量の最低値と同程度の値である。

海岸侵食問題においては、波や流れによる漂砂がその原因であるとして、最近はその定量的予測をも試みる傾向にある。これに対して、地盤沈下や平均海面の変動は、前者に関しては最近では行政的な規制によってほとんどなくなり、また後者に関しては過去の資料からはせいぜい年間 mm のオーダーであって、工学的には無視するものであるということになっている。いま、例えば 1/40 の勾配の砂浜を現在の 30m幅から 50m広げて80m幅にする養浜工を考える。EPAの予測値によれば、50年間に 0.5m 平均海面が上昇すると 20m汀線が後退し、汀線の増加は 30mにとどまる。さらに、いわゆる Brunn¹⁰⁾の法則(平均海面がhだけ上昇すると、平均的に海底における波による水粒子速度が以前のそれと等しくなるように、海底面もhだけ上昇し、その堆積分に等しい量が汀線近傍で洗掘される。)が成立するとすれば、汀線はさらに後退することになる。Galvin¹¹⁾は、米国東海岸に関して、EPAの予測値より小さい年間3mmという過去の資料から得られた平均海面上昇量をもとに、汀線の後退量との関係を調べ、両者には関係がないことを示した。また海面上昇による汀線後退量に等価な漂砂量と、東海岸の沿岸漂砂量とを比較して、米国東海岸においては平均海面上昇による汀線後退よりも沿岸漂砂によるものの方が相対的に大きいとし、海岸侵食には平均海面上昇はあまり重要ではないとした。しかし、このことは一般的に成立するとは考えられない。

地盤高が平均海面より低い大都市のゼロメートル地帯では、排水の問題も考えられる。排水は高潮のように異常時だけでなく、常時問題になる。

最後に本研究を行なうにあたり、京都大学工学部岩垣雄一教授に有益な助言を頂いた。ここに謝意を表する。

4. 参考文献 1)芝野、京大防災年報、第 27 号、1984、2)Hoffman et al., Rep. Strategic Studies Staff, U.S. Environmental Protection Agency, 1983、3)Hansen, Coastal Zone'83, 1983、4)Heiberg et al., Proc. 18th Conf. Coastal Eng., 1982、5)鮮干他、土木学会誌、3月号、1985、6)Kana et al., Coastal Zone'83, 1983、7)Leatherman, Coastal Zone'83, 1983、8)高他、港湾、4月号、1984、9)大阪市、1983、10)Brunn, ASCE, Vol.88, WW1, 1962、11)Galvin, Coastal Zone'83, 1983。