

II-28

気候変動に伴う東南アジア諸河川の流出変動予測のための一考察

筑波大学大学院 学生員 武井弘樹

山梨大学工学部 正 員 竹内邦良

1. はじめに

東南アジアにおける河川流出量の変化に関する研究は、欧米諸河川に比べて、これまであまり行われてこなかった。東南アジアでは、豊富な水資源への依存度が高いだけに、わずかな河川流出の変化でも、その影響は大きいと思われる。ここでは、信頼性は乏しいものの、簡単に直ちに概要の把握できるTurcとBudykoの2つの水収支式¹⁾を用いて流出高の変動予測を試みる。

2. 解析対象域及び解析データ

解析対象とした流量、降雨、気温の観測地点の分布図を図-1に示す。対象域は、マレーシアのケランタン流域、タイのチャオプラヤ流域と、同じくタイのメコン川の支流であるムン及びチー流域である。流量と気温の観測地点は、各流域に1地点ずつ選点し、降水量の観測地点は、ケランタン、チャオプラヤ、メコン流域にそれぞれ4、12、10地点選点した。観測期間は、1938年から1988年である。流量と降水量のデータは、日データを加算して年データとして扱い、気温のデータは、各地点の30年間(1951～1980)の平均気温を用いた。

3. TurcとBudykoの水収支式¹⁾

Turc(1954)は、蒸発量を降水量と気温の関数として、経験式を提案した。

$$R=P\left(1-\frac{L}{\sqrt{cL^2+P^2}}\right) \quad (1)$$

$$L=300+25T+0.05T^3[\text{mm}]$$

R: 流出高[mm]、P: 降水量[mm]、T: 気温[℃]、

c: 河川によって異なる係数

一方、Budyko(1948)は、蒸発量を降水量と正味放射量の関数として、既存のデータを解析し、

$$R=P-\sqrt{rP\left(1-\exp\left(-\frac{r}{P}\right)\right)\tanh\left(\frac{P}{r}\right)} \quad (2)$$

$$r=12.61*Q[\text{mm}], Q: \text{正味放射量}[\text{W/m}^2]$$

を導いた。

2流域における年流出高の実測値と上の2式による計算値の比較を、それぞれ図-2、図-3に示す。Turcの式において係数cは、実測値に最も近くなる値を用い、Budykoの式において正味放射量Qは、年間正味放射量の世界マップ²⁾に依った。TurcとBudykoの式による計算値と実測値の決定係数は、ケランタン流域では、

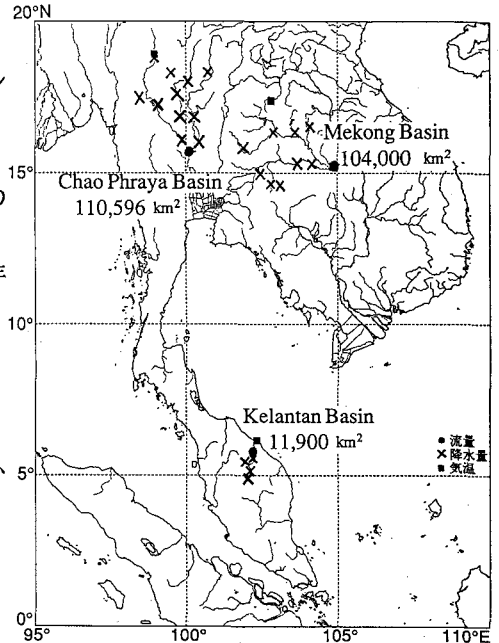


図-1 観測地点分布図

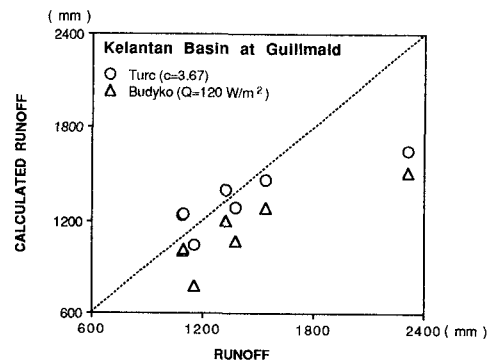


図-2 Kelantan流域における計算値と実測値の相関

それぞれ、0.535と0.124、チャオプラヤ流域では、0.163と-1.299、そして、メコン流域は、0.508と-1.109となった。決定係数が負であることは、推定式よりも平均値を用いた方が妥当であることを示している。この結果は、特にBudykoの式が東南アジアには適していないことを示している。なお、正味放射量は地域的に一定値として扱っている。

4. 流出高の変動予測

水収支式としての信頼性は低いが、両式の示す温暖化の影響を以下に検討する。TurcとBudykoの式の全微分は以下のように表される。

$$dR = \left(\frac{\partial R}{\partial P} \right) dP + \left(\frac{\partial R}{\partial T} \right) dT \quad (3)$$

$$dR = \left(\frac{\partial R}{\partial P} \right) dP + \left(\frac{\partial R}{\partial r} \right) \left(\frac{\partial r}{\partial T} \right) dT \quad (4)$$

それぞれの偏微分係数は(1)、(2)式から求められるので、

気候変動予測の地域的な各種モデルによる差は大きい

が、(3)、(4)式において昇温幅 dT と降水量の増加幅

dP の比例関係を仮定することにより、温暖化の影響を推定することができる。昇温と降水量増加率

の関係は、モデルにより、また、地域により異なるが、ここでは、GFDLのモデルの全球平均データ³⁾

をもとに比例定数を0.018($^{\circ}\text{C}^{-1}$)とする。表-1、表-2に、それぞれ、TurcとBudykoの式による東南

アジア3流域における地表面の年平均気温が 1°C 上昇したときの、流出高の計算結果を示す。また、

表中の添字 o は、現在の値であることを意味する。なお、表-1には、Zdzislaw Kaczmarekと

Dariusz Krasuskiにより、GFDLのヨーロッパにおける CO_2 倍増時のデータ（ 3°C 昇温、降水量10

%増加）をもとにして求められたヨーロッパの諸河川の流出高の変動予測¹⁾を合わせて示す。

表-1 Turcの式による流出高の変動予測

流域名	Kelantan	Chao Praya	Mekong	Jucar	Vistula	Seine	Volga
流域面積 [km^2]	11,900	110,596	104,000	42,900	194,900	427,000	161,700
P_o [mm]	2,339	1,113	1,166	519	604	715	520
T_o [$^{\circ}\text{C}$]	26.6	25.9	26.8	13.7	7.5	10.0	2.8
c	3.67	1.24	1.10	0.88	0.55	0.76	1.16
R_o [mm]	1,311	237	202	69	173	231	226
$\left(\frac{\partial R}{\partial P} \right)_o$	0.69	0.39	0.38	0.43	0.80	0.76	0.79
$\left(\frac{\partial R}{\partial T} \right)_o$	-20.48	-14.00	-16.37	-10.53	-20.40	-21.03	-13.05
ΔR [%]	-1.5	-5.7	-7.8	-13.4	-7.4	-1.2	0.9

表-2 Budykoの式による流出高の変動予測

流域名	Kelantan	Chao Praya	Mekong
P_o [mm]	2,339	1,113	1,166
T_o [$^{\circ}\text{C}$]	26.6	25.9	26.8
Q [W/m^2]	120	110	110
R_o [mm]	1098	258	287
$\left(\frac{\partial R}{\partial P} \right)_o$	0.47	0.17	0.18
$\left(\frac{\partial R}{\partial r} \right)_o \left(\frac{\partial r}{\partial T} \right)_o$	-3.58	-1.56	-1.69
ΔR [%]	-0.3	-0.6	-0.6

5. 結論

東南アジアにおける河川流出への地球温暖化の影響は、TurcとBudykoの両式を用いる限り、蒸発量の増加による減少効果が、降雨量の増加による増加効果を上回り、総合的には減少する。今後、より詳細な植生、地形、地質、浸透、蒸発散のデータを蓄積し、熱帯湿潤帯の物理水文機構に基づく水収支関係から、水文学の変動予測をする必要がある。

6. 参考及び引用文献

1) Zdzislaw Kaczmarek・Dariusz Krasuski, 1991: Sensitivity of Water Balance to Climate

Change and Variability/IIASA

2) 柴田 和雄, 内嶋 善兵衛 編, 1987: 太陽エネルギーの分布と測定/(株)学会出版センター

3) 気象庁編, 1990: 温室効果気体の増加に伴う気候変化(Ⅱ)/気候問題懇談会温室効果検討部会報告

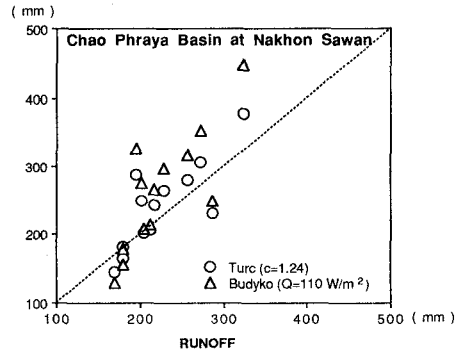


図-3 Chao Phraya流域における計算値と実測値の相関