

## 1. はじめに

タイ国における森林面積は近年激減しており、この激減による森林資源および水資源問題あるいは環境問題は早急に解明されるべき重要課題として浮上している。これらの課題解明には、森林が保全されている流域を対照流域とする比較研究が有効である。このような観点から森林が多く残されているメクロン川流域(図-1)を対象にして、地形・地質データ、降雨・流量データ、土地利用データおよび浮遊土砂流出データなどを収集して流域特性と浮遊土砂流出との関係を検討している。今回は、タイの主要流域におけるメクロン川流域の浮遊土砂流出特性、衛星画像解析によるメクロン川流域の森林および土地利用分布の推定およびそれらの分布と浮遊土砂流出量との関係についての検討結果を報告する。

## 2. 年比浮遊砂量式のべき指数からみたメクロン川流域の浮遊土砂流出特性

一般に、貯水池の年比堆砂量( $q_s$ )と流域面積( $A$ )の間には  $q_s = \alpha A^\beta \dots (1)$  の関係があり、べき指数( $\beta$ )は負の値をとるとされる。年比浮遊砂量( $q_{ss}=S/A$ )も(1)式と同じ形( $q_{ss} = \alpha A^\beta \dots (2)$ )で表すことができるが、タイの主要流域の年比浮遊砂量式((2)式)のべき指数は、負の値をとることも正の値をとることもある(表-1)。このように、(2)式のべき指数が負の値だけをとるとは限らないのは、Walk and Keller (1963)の報告(森林面積が多くなるに従い、年比浮遊砂量が減少し、逆に農耕地面積が多くなるに従い年比浮遊砂量が増大する)を考えると理解できる。すなわち、上流部が森林で被覆され下流部で農業活動が行われている流域では、浮遊砂生産量は相対的には流域下流部で多くなり、流域面積のべき指数は正の値をとると考えられる。一方、上流部の森林が農耕地への転換という形で減少した流域では、浮遊砂生産量は相対的には流域上流部で多くなり、負の値をとると考えられる。実際、べき指数と森林面積率(1988年時点, Tangtham, 1997)との関係(図-2)をみると、森林面積率がほぼ40%を越す流域ではべき指数が正の値を、25%以下の流域では負の値をとる傾向が示されている。データの制約から細かい議論はできないが、タイでは多くの場合、森林から農耕地への転換という形で森林の減少が起こっていることを考えると、この傾向は、べき指数に関する上述の解釈の妥当性を示す一つの根拠になると考えている。ところで、メクロン川流域の年比浮遊砂量式のべき指数は0.22と正の値を示し、森林面積率も高いので(図-2)、流域管理ということでは下流部での農耕地の浮遊土砂流出すなわち土壌侵食を抑制し、残存している森林を保全することが重要になる。

## 3. 衛星画像解析によるメクロン川流域の土地利用区分

最近のメクロン川流域の森林や土地利用の状況を把握するために、日本の打ち上げたJERS-1搭載のOPS/VNIRデータをERDAS社のImagine8.3を使って解析した。解析データは1994年1-4月、1995年12月、1996年1-3月に観測されたものであり、ほとんどが乾季のデータである。解析対象地域が広いため、間引き率を1/5とした。結果は表-2に示す通りである。支流のランパチ川の農地面積が広いことが目立つ。また、この解析結果を1970年代のはじめに発行された土地利用図の解析結果(Maita *et al.*, 1998)と比較したところ、この20数年間、流域全体および支流のノイ川、ヤイ川、ランパチ川とも森林面積および農地面積はそれほど変化していないことが判明した。1973年にはタイ全体の面積の43.2%が森林であったが1993年にはその面積が26%に急減している(RFD, 1994)のに対して、メクロン川流域はこの期間も60数%の値を保持しており、森林が多く残された流域としてタイの中でも貴重な流域になっている。

## 4. ノイ川、ヤイ川、ランパチ川流域の森林および土地利用状況と土壌侵食

メクロン川各支流の年平均浮遊砂濃度はかなりばらつくがランパチ川はノイ川、ヤイ川のほぼ2倍の値をとる(表-3)。統計的にも有意差あり(5%水準)という結果が得られ、ランパチ川の浮遊砂濃度の高さが確認される。これに対してノイ川とヤイ川の浮遊砂濃度はそれほど変わらず(表-3)、統計的にも有意差がみられない(5%水準)。したがって、両流域の浮遊砂濃度には差があるとは判定できない。ところで、浮遊砂濃度の大小は同一流量に対する浮遊砂含有量の違いを表しているので、土壌侵食の起こり易さを示す一つの指標と考えることができる。このような観点で、衛星画像解析から得られた各支流の森林および土地利用状況(表-2)と浮遊砂濃度(表-3)との関係を見ると、農耕地の割合が浮遊砂濃度に密接に関係しているとみられ、メクロン川流域では流域下流部の農耕地からの土壌侵食が問題となる。

引用文献

- Maita, H. et al. (1998) :Analysis of suspended sediment yield and watershed characteristics in Mae Klong river basin.  
 Tangtham, N (1997) :Erosion, and sedimentation studies and management in Thailand.  
 Royal Forest Department (1994) :Forestry Statistics of Thailand 1994.  
 Wark, J.W. and Keller, F.J. (1963) :Preliminary Study of Sediment Sources and Transport in the Potomac River Basin.

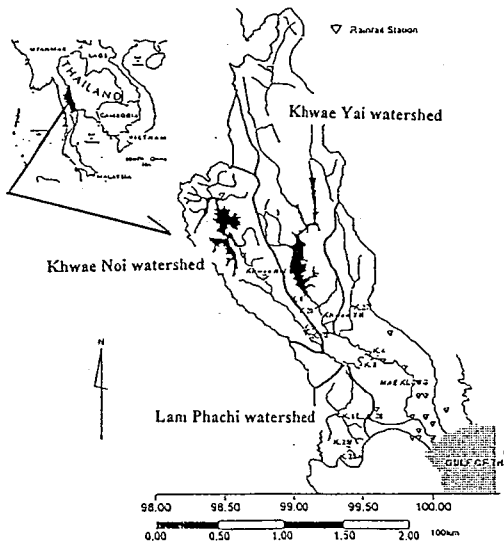


図-1 メクロン川流域と各支流の位置図  
 メクロン川の流域面積は約3万km<sup>2</sup>でノイ川、ヤイ川  
 両流域には湖面積が400km<sup>2</sup>前後のダム貯水池がある。

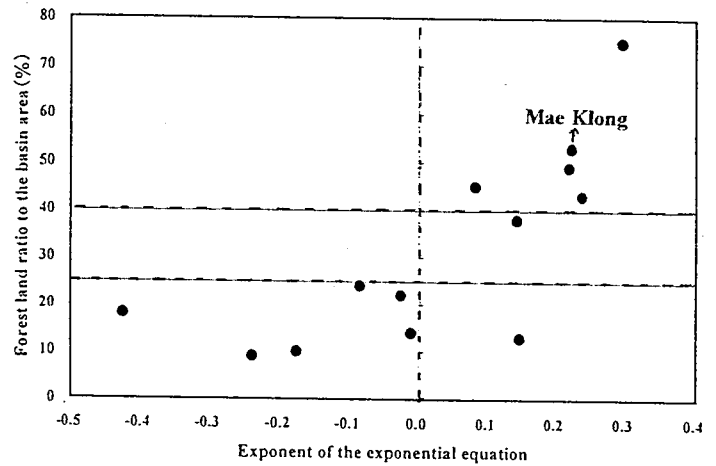


図-2 年比浮遊砂量式のべき指数(β)と森林面積率の関係  
 表-1 で年比浮遊砂量と流域面積との相関係数が統計的に有意  
 である流域のみについて検討した。

表-3 メクロン川各支流の年平均浮遊砂濃度

Watershed	Mean (ton/mcm)	Stand. dev. (ton/mcm)	Range (ton/mcm)	Data no.
Mae Klong	290	210	17-1,006	116
Khwae Noi	244	211	39-1,006	53
Khwae Yai	273	159	62-768	50
Lam Pachi	540	222	14-790	13

mcm: million cubic meter

表-1 タイ国主要流域の年比浮遊砂量式

Basin	Total Stations	Basin area (km <sup>2</sup> )	Equation S/A : specif. susp. sedi. yield S : ann. susp. sedi. yield A : basin area	R
Mae Klong	22	67-26,441	S/A = 21.61A <sup>0.222</sup>	0.949***
Salawin	31	24-8,360	S/A = 14.81A <sup>0.296</sup>	0.942***
MeKong	44	12-419,000	S/A = 20.20A <sup>0.198</sup>	0.968***
Kok	22	51-10,300	S/A = 32.60A <sup>0.142</sup>	0.979***
Chi	31	158-47,391	S/A = 56.24A <sup>-0.011</sup>	0.904***
Mun	35	61-117,000	S/A = 79.72A <sup>-0.177</sup>	0.833***
Ping	61	2-42,704	S/A = 12.96A <sup>-0.219</sup>	0.971***
Nan	15	90-25,294	S/A = 17.57A <sup>0.239</sup>	0.951***
Pasak	8	67-14,522	S/A = 2132A <sup>-0.225</sup>	0.804*
Prachin Buri	11	45-7,502	S/A = 60.83A <sup>-0.014</sup>	0.950***
Bang Pa Kong	5	128-8,360	S/A = 4955A <sup>-0.784</sup>	0.651
East Coast-Gulf	8	45-671	S/A = 707.2A <sup>-0.222</sup>	0.599
Phetchaburi	4	264-2,207	S/A = 2.203A <sup>0.289</sup>	0.925
Prachuapkhiri-khan Coast	5	93-2,370	S/A = 7391A <sup>-0.785</sup>	0.308
Peninsula East Coast	24	11-1,638	S/A = 30.97A <sup>0.146</sup>	0.823***
Tapi	14	36-4,415	S/A = 173.6A <sup>-0.056</sup>	0.898***
Thale Sap Song Khla	8	14-1,562	S/A = 181.6A <sup>-0.220</sup>	0.960***
Peninsula West Coast	18	16-1,801	S/A = 57.37A <sup>0.081</sup>	0.863***

\*\*\* P<0.001 \* P<0.05

表-2 衛星画像(1994-1996年乾季観測データ)の解析による森林および土地利用分布の推定結果

Categories	Mae Klong		Khwae Noi		Khwae Yai		Lam Pachi	
	Area (km <sup>2</sup> )	Ratio (%)	Area (km <sup>2</sup> )	Ratio (%)	Area (km <sup>2</sup> )	Ratio (%)	Area (km <sup>2</sup> )	Ratio (%)
Mixed deciduous forest	11,484	37.2	3,041	42.5	4,651	38.7	1,216	44.7
Dry dipterocarp forest	5,299	17.2	1,417	19.8	3,329	27.7	82	3.0
Dry evergreen forest	1,847	6.0	370	5.2	925	7.7	160	5.9
Disturbed forest	1,340	4.3	411	5.7	520	4.3	63	2.3
Unclassified forest	212	0.7	164	2.3	48	0.4	0	0.0
Sub total	20,182	65.4	5,403	75.5	9,473	78.9	1,521	55.9
Agricultural land	7,553	24.5	943	13.2	992	8.3	1,017	37.4
Urban land	64	0.2	0	0.0	0	0.0	1	0.0
Fish or shrimp pond	205	0.7	0	0.0	0	0.0	1	0.0
Water surface	783	2.5	332	4.6	370	3.1	2	0.1
Cloud	193	0.6	33	0.5	27	0.2	70	2.6
Shadow	1,893	6.1	449	6.3	1,148	9.6	108	4.0
Total	30,873	100.0	7,160	100.0	12,010	100.0	2,720	100.0