

東南アジアの水循環

柳 哲雄

はじめに

すでに高谷（1988）によって指摘されているように、東南アジアは大きく見れば、雨季と乾季があり雨の少ない”モンスーン林の世界”と、1年を通して雨の降り続ける”熱帯雨林の世界”にわけて考えることが出来る。

モンスーン林の世界はチークのような乾期には葉を落とす落葉樹によって構成されている。したがって、色で言えば、茶色の森がモンスーン林を象徴している。人々との関わりで言えば、モンスーン林は、降水量が少ない所は畑に、降水量が多い所は水田に変えられている場所が多く、人々は田畑の周辺に村を形成して定住している。

これに対して、熱帯雨林の森林はフタバガキのような常緑樹により構成されていて、色で言えば、濃緑の森が熱帯雨林を象徴している。人々との関わりで言えば、熱帯雨林は香木などそのまま人々に多くの資源を与えていて、人々は資源を求めて移動生活している所が多い。

そこで、まず最初に東南アジアのモンスーン林の世界（代表例として、ここでは以下東北タイを考える）と熱帯雨林の世界（代表例として、ここでは以下ボルネオを考える）の水循環形態がどのように異なっているかを以下見てみよう。

1. 降水量・蒸発散量

図2-1は梶根（1972）、福井ほか編（1985）をもとに描いた東南アジアの年間降水量の分布図である。熱帯雨林の世界のボルネオは3000 mm/year以上の降水量があるのに対して、モンスーン林の世界の東北タイは1500 mm/year程度の降水量しかなく、両者は約2倍異なっている。

熱帯雨林の世界は赤道低圧帯に位置しているために、主に海面から供給される多量の水蒸気が常に上昇気流（低圧帯で卓越する）により上空で雲となり、1年を通して雨が降る。

一方、モンスーン林の世界は赤道低圧帯からやや北に離れていて、赤道低圧帯と北緯25度付近の高圧帯（下降気流が卓越する）にはさまれたモンスーン帯に属するため、降水は赤道低圧帯が北上する（したがって上昇流が北上する）夏季の間に限られ、降水量は熱帯雨林の世界

ほど多くない。

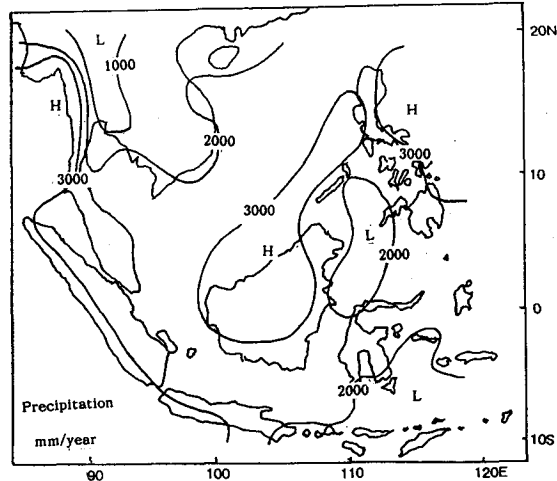


図 2-1 東南アジアの年間降水量

実際に、東南アジアの降水量の季節変動は図 2-2 に示すようであって（井上、1993）、熱帯雨林の世界では 1 年を通して降水があるのに対して、モンスーン林の世界である北半球のサバンナ（東北タイを含む）では夏季の間のみ降水がある（南半球のサバンナでは、例えばスラバヤのように降水月が逆になる）。

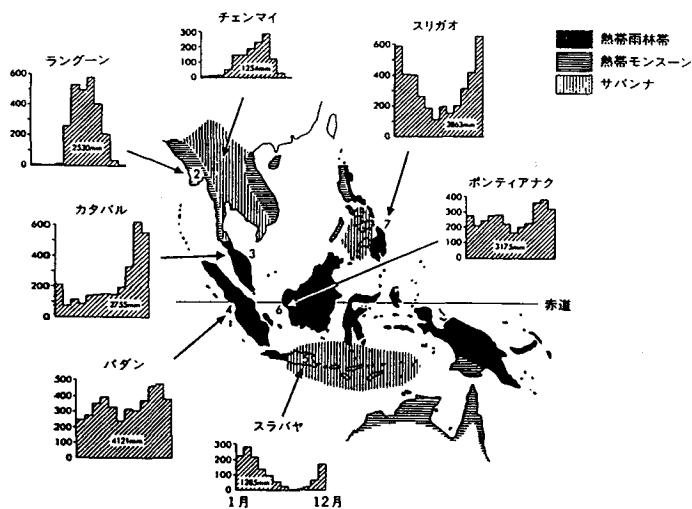


図 2-2 東南アジアの降水量の季節変動（井上、1993）

図2-3は梶根（1972）、福井ほか編（1985）をもとに描いた東南アジアの年間蒸発散量の分布図である。熱帯雨林の世界であるボルネオの蒸発散量は1500 mm/year以上と大きく、モンスーン林の世界である東北タイのそれは1300 mm/year程度でボルネオの約8割7分である。しかし、この違いは降水量の違い（約2倍）ほど大きくないことに注意が必要である。

通常、蒸発量は水分の豊富な海上で大きく陸上で小さいが、熱帯雨林は例外で、熱帯雨林の土中に蓄えられた多量の水分が、熱帯雨林の根茎から幹を通じて吸い上げられ、高さ約50mの熱帯雨林の最上層の樹冠の葉から大気中に蒸発散していて、熱帯雨林では1年を通して大きな蒸発散がある。

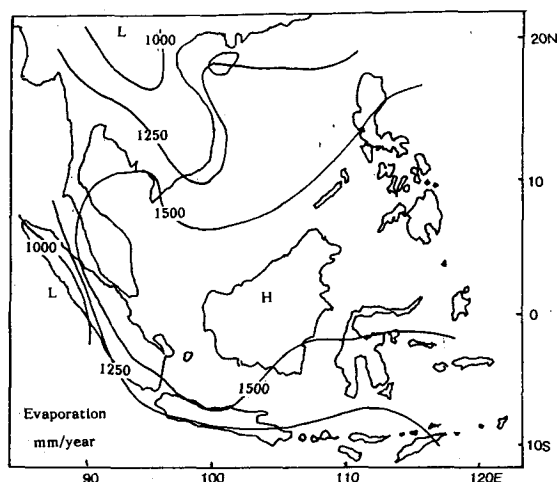


図2-3 東南アジアの年間蒸発散量

図2-1、2-3によれば、熱帯雨林の世界のボルネオでは降水量が蒸発散量の約2倍あり、その差が1500 mm/yearもあるのに対して、モンスーン林の世界の東北タイでは降水量と蒸発散量の差はわずか数百 mm/year程度である。いずれの場所でも年間蒸発散量は年間降水量よりも小さく、余った降水は河川水や地下水としてその流域を海に向かって下ることになる。

図2-1、2-3からは、熱帯雨林の世界でもモンスーン林の世界でも、年間平均すれば水不足は起こりえないことになるが、実際にはそうではない。モンスーン林の世界では図2-2

に示すように、雨季と乾季がはっきりと分かれていて、雨の降らない乾季には乾燥した季節風が吹き続き蒸発散量が特に大きくなって（蒸発散量は風速に比例する）、地上に蓄えられた水分が消失するために、特に乾季に水不足になりやすい。図2-4に東南アジアにおける乾季の継続期間（榎根、1989）を示した。熱帯雨林の世界であるボルネオに乾季はないが、モンスーン林の世界である東北タイにおける乾季は冬季の12月～3月の4カ月間継続する。

このようなモンスーン林の世界で、“ため池”を築造して、そこに雨季の降水を保存しようとしても、乾季の蒸発量が大きいために、ほとんど役に立たない。このようなモンスーン林の世界における水問題は3章で詳しく述べられる。

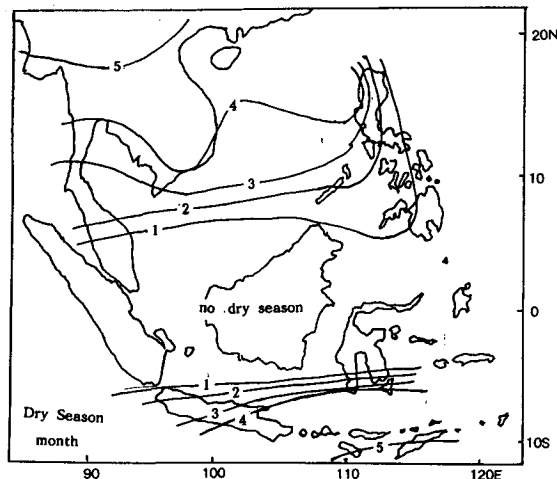


図2-4 東南アジアの乾季月数

2. 河川流量

図2-5にタイの主な山脈と流域を示す（磯部ら、1995）。本研究で問題としているモンスーン林の世界である東北タイの余剰降水はチー川とムーン川を通じてメコン川の流れ込み、南シナ海に至る。熱帯雨林の世界であるボルネオの余剰降水は図2-6に示すような多くの中小河川を通じてボルネオ島の周囲の海域の流出する。

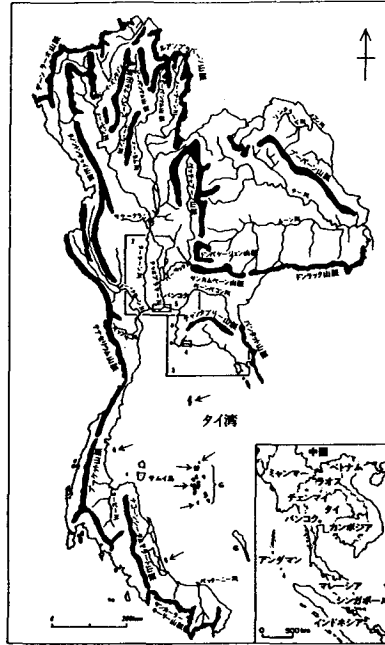


図 2-5 タイの主要な山脈と流域. タイ湾内の矢印は油田、Gはガス田を表す（磯部ら、1995）。

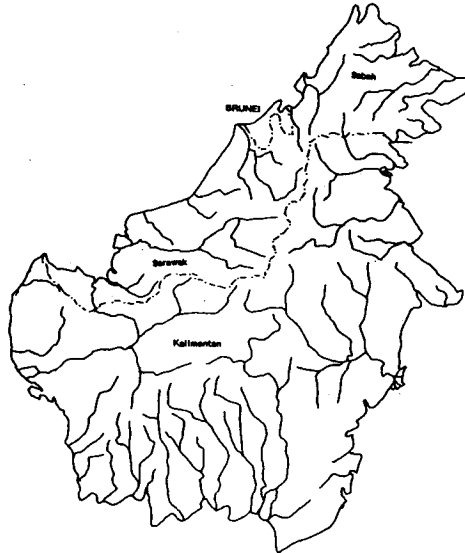


図 2-6 ボルネオの河川

図 2-7 にこの地域における河川流量が $10 \text{ km}^3/\text{year}$ 以上の主要河川の流量を示す（Milliman et al., 1995）。特に大きな河川流量はミャンマーのイラワディ川の 430 km^3

/year、ベトナムのメコン川の $470 \text{ km}^3/\text{year}$ 、ホンヘ川、ソンコイ川の $120 \text{ km}^3/\text{year}$ である。

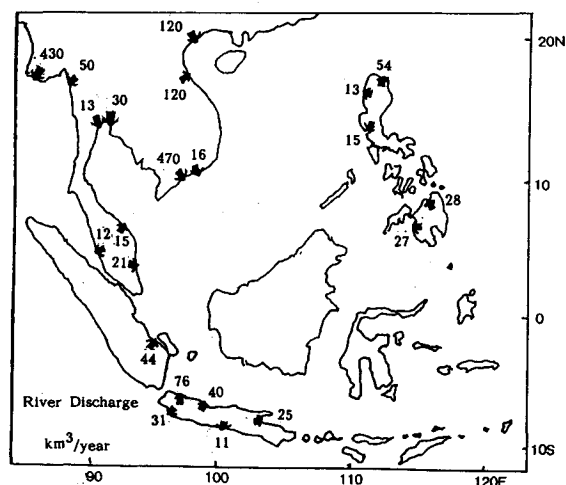


図 2-7 東南アジアの主な河川流量

沖（1963）は熱帯（赤道から南北 30° 以内）では年間降水量が 1000 mm/year を超えないと、河川が形成されないことを指摘している。すなわち降水量が 1000 mm/year 以下だと、流域にもたらされた降水はその流域内でほとんど蒸発してしまって、海域に流出しないのである。年間降水量が 1000 mm/year を超えると、年間蒸発散量が図 2-3 に示すように 1000 mm/year 程度におさえられているので、降水量の増加がほぼそのまま河川流出量の増加になってくる。

東北タイと同様なモンスーン林の世界である北タイやタイ中央部から流出するチャオプラヤ川の流域面積は $1.6 \times 10^5 \text{ km}^2$ （Milliman et al., 1995）であるので、河川流量 $30 \text{ km}^3/\text{year}$ を流域面積で割ると 190 mm/year の年間淡水供給量になる。これは図 2-1 の年間降水量から図 2-3 の年間蒸発散量を差し引いたものにほぼ等しくなっている。このことは、この地域の地下水量が豊富でないことを示唆している。

図 2-6、2-7 を見て興味深いことは、熱帯雨林の世界であるボルネオには大きな流量を持つ大河川が存在しないことである。全島が熱帯雨林に覆われたボルネオではいくつかの中小河川が発達しているものの、多くの支流を集めて大河川が発達するということはない。

3. 海洋循環

今回問題にしているモンスーン林の世界である東北タイの余剰降水はメコン川を通じて南シナ海に流出するものの、東北タイに降水をもたらす水蒸気は南西モンスーンに乗ってタイ湾から輸送される。そこでここでは南シナ海とは連結しているものの、一応閉じた海域とみなせるタイ湾の水循環を考えてみよう。

図2-8にこの海域の夏季と冬季の表層塩分分布を示す (Ilahude and Birowo, 1987)。この図よりチャオプラヤ河の流れ込むタイ湾の塩分は南シナ海の塩分より常に低いこと、また冬季より降水量、したがって河川流量の多い夏季にタイ湾は低塩分化することがわかる。

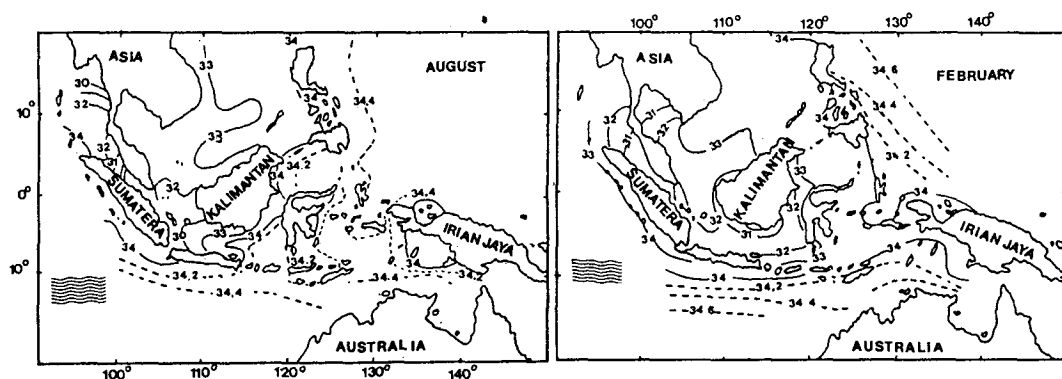


図2-8 東南アジアの夏季と冬季の海面塩分分布 (Ilahude, A.G. and S. Birowo, 1987)

タイ湾の体積 (V) は約 8750 km^3 であるが、図2-8より湾内の年間平均塩分 (S) を 32.5 psu 、南シナ海の年間平均塩分 (S_0) を 33.0 psu とすれば、タイ湾に存在する淡水量 (F) は

$$F = V \frac{S_0 - S}{S_0} \quad (1)$$

より、 133 km^3 となる。

この淡水存在量をタイ湾に流入する年間河川水総量 $43 \text{ km}^3/\text{year}$ と、タイ湾の年間降水量から年間蒸発量を差し引いた正味の年間降水量 500 mm/year にタイ湾の面積 $1.75 \times 10^6 \text{ km}^2$ を乗じて、 8750 km^3 と比較すると、タイ湾の淡水存在量は年間降水量から年間蒸発量を差し引いた正味の年間降水量に相当する。

0.5 km³をかけたもの、87.5 km³/yearを加えた数字（すなわちこれだけタイ湾に淡水が供給される）で割って得られる淡水の平均滞留時間は1.0年となり、河川水と降水を併せた淡水は平均的には約1年間タイ湾に留まり、南シナ海に流出していくことになる。

図2-9に2月（冬季）と8月（夏季）のこの海域の表層海流図（Wyrski, 1961）を示す。表層の海流は両季節で全く反転する。すなわち南シナ海では冬季は反時計回りの循環流が卓越するのに対して、夏季には時計回りの循環流が卓越する。これはこの図の右上の小図に示されているように、この地域の上空を吹くモンスーン（季節風）が反転するためである。冬季に卓越する北西モンスーンは南シナ海表層に反時計回りの循環流を励起し、夏季に卓越する南東モンスーンは時計回りの循環流を励起する。

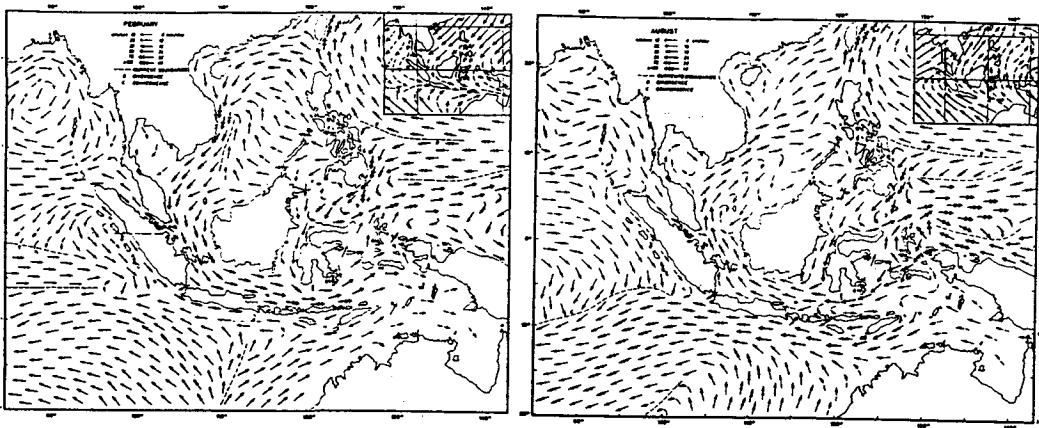


図2-9 東南アジアの冬季と夏季の表層海流分布（Wyrski, 1961）

タイ湾の中でも図2-10に示すように、南シナ海と同様に両季節で循環流は反転する（Azmy et al., 1991）。すなわち夏季には湾奥で時計回り、湾口で時計回りの循環流が発達するのに対して、冬季には湾奥で反時計回り、湾口で反時計回りの循環流が発達している。

後述する熱帯雨林の世界の人々の森の産物（香木など）の交易の携わった人々がこのような卓越風や表層流れの季節変動を熟知していて、それをうまく利用して航海して、港港で物資を商っていたことは疑いない。

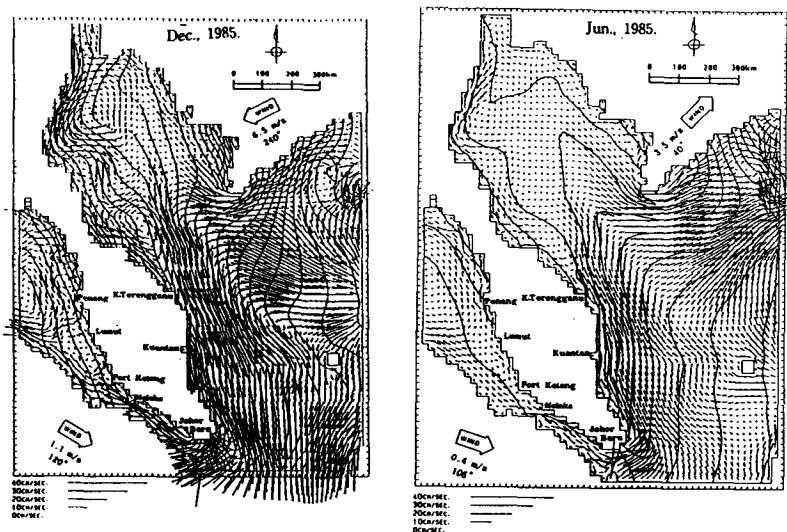


図 2-10 タイ湾の冬季と夏季の循環流 (Azmy et al., 1991)

4. 水循環のまとめ

東南アジアの”熱帯雨林の世界”と”モンスーン林の世界”の水循環は簡単には図 2-11 のようにまとめることが出来るだろう。

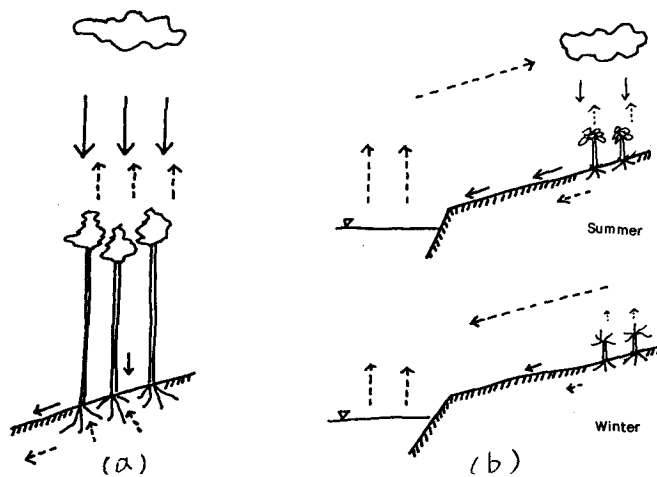


図 2-11 東南アジアの熱帯雨林の世界 (a) とモンスーン林の世界 (b) の水循環

熱帯雨林の世界では1年を通して降水があり、地面に浸透した降水は熱帯雨林の根茎から吸い上げられて、樹冠に達し、葉から蒸発散して、上空に達し、再び降水として降ってくる。このようにして熱帯雨林世界の水循環は鉛直的のほぼ閉じていて、水平的には水を通じて他の場所と関わりを持つ必然性は存在しない。すなわち熱帯雨林の世界の人々は水に関する限りは閉鎖的な地域を形成することが可能である。

一方雨季と乾季の存在するモンスーン林の世界では降水は季節風が海から水蒸気を運び、山にあたって、雲となり雨をもたらす夏季に限られていて、逆の季節風が吹く冬季には雨はなく、地上は乾燥してしまう。このようにして水循環は遠くの河口域から海を含んだ空間を考えて初めて閉じるので、人々が水を有効に利用するためには、河川上流から下流に至る全流域におけるなんらかの調整が必要となる。したがって水をめぐってその場所に生じる社会性は熱帯雨林の世界とは対照的になることが予想される。

参考文献

- Azmy, A.R., Y. Isoda and T. Yanagi (1991) Sea level variation due to wind around west Malaysia. *Memoirs of the Faculty of Engineering, Ehime University*, 12-2, 143-156.
- 福井英一郎ほか編 (1985) 日本・世界の気候図. 東京堂出版、163p.
- 榎根 勇 (1972) モンスーンアジアの水文地域. 東京教育大地理研報告、16、33-47.
- 榎根 勇 (1989) 水と気象. 朝倉書店、180p.
- Ilahude, A.G. and S. Birowo (1987) Oceanographic features of the Indonesian waters. *Proceedings of "Management and Utilization of Indonesian Marine Resources"*.
- 井上民二 (1993) 熱帯における環境変動と生物のダイナミクス. 科学、63-10、635-645.
- 磯部一洋・加藤碩一・大久保泰邦 (1995) 天使の都バンコク南部に熱帯海岸の侵食を観る. 地質ニュース、493、55-62.
- Milliman, J.D., C. Rutkowski and M. Meybeck (1995) River discharge to the sea, A global river index (GLORI). *LOICZ Reports and Studies*, 125p.
- 沖 大幹 (1993) 水文気候学からみた熱帯河川. 科学、63-10、678-682.
- 高谷好一 (1988) マングローブに生きる - 熱帯多雨林の生態史. NHKブックス、213p.
- Wyrski, K. (1961) Scientific results of marine investigations of the South China Sea and the Gulf of Thailand 1959-1961. *Naga Report, Volume 2, Scripps Institution of Oceanography, University of California, San Diego*, 195p.