

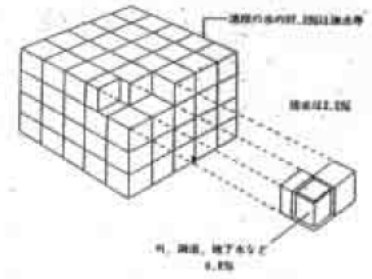
水循環

京都大学防災研究所
池淵周一

地球規模の視点

地球上の水の量；

地球の表面積のうち海洋が占める割合71%，陸地のそれは29%
総量は概ね15億km³
水の種類による割合



地球上の水循環；



地球上の水の循環のスピード；

海水 (2500年), 地下水 (1400年), 湖水 (17年), 河川水 (16日), 大気中の水 (8日)

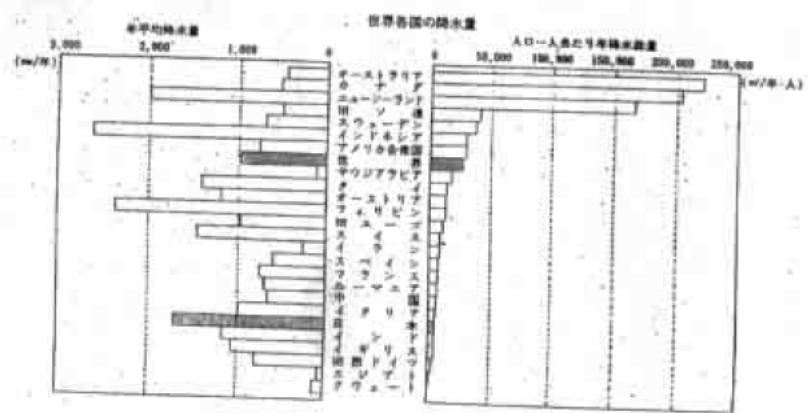
出典:水の気象学

2

わが国の水循環と関連する諸特性

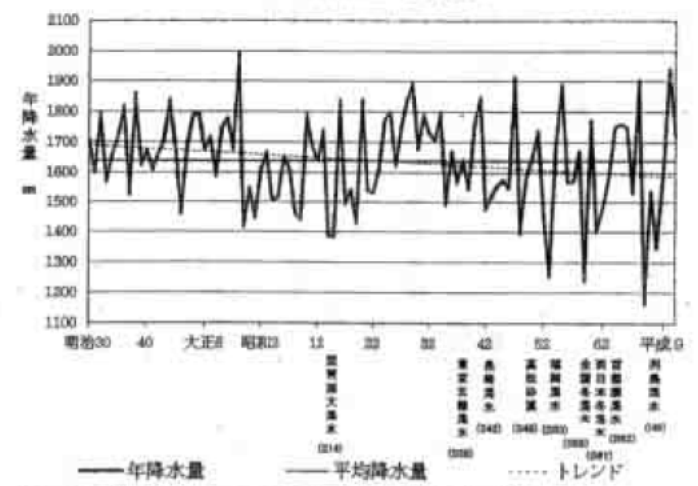
降水特性

年平均降水量と人口一人当たりの年降水量



3

日本の年降水量の経年変化



(注) 1. 気象庁資料に基づいて国土庁で試算、全国46地点の算術平均値。
2. トrendは回帰直線による。

出典:水資源白書

4

季節変動と時間的集中化
(梅雨, 台風, 前線, 降雪)

地形特性

堆積地形 (山岳地から扇状地, 沖積低平地)
火山, 隆起・褶曲, 地殻変動と土砂生産
流域面積小, 流路延長短, 斜面・河川勾配急

土地利用

上流森林域, 中流農地, 下流都市域
森林面積率 66.7%,
下流低平地に人口の 50%, 資産 75% 集中

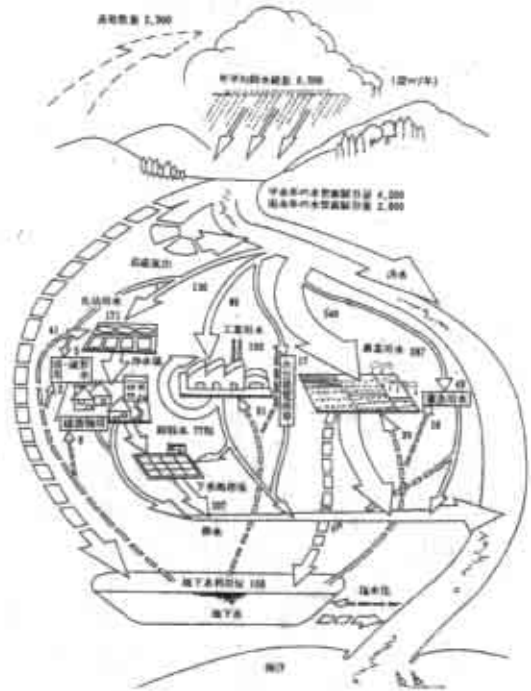
流出特性

流量変動 大, 洪水の継続時間 短,
単位面積当たりの流量 大
最大流量と最小流量の比 大

人口・水利用

過去 100 年に人口 4 倍
水利用として農水, 発電, 工水, 上水
農水 大
取水量の水源として河川水等 86%, 地下水 14%

図 2-1-2 日本の水収支

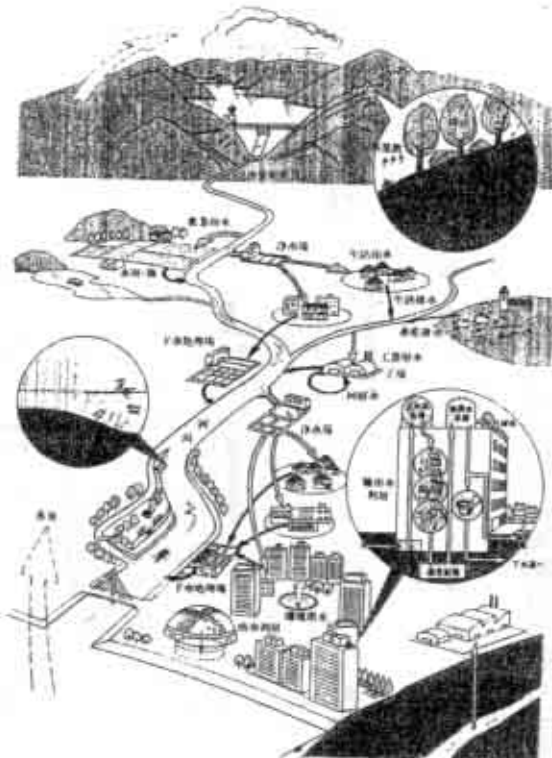


出典: 水資源白書

5

6

流域における水循環



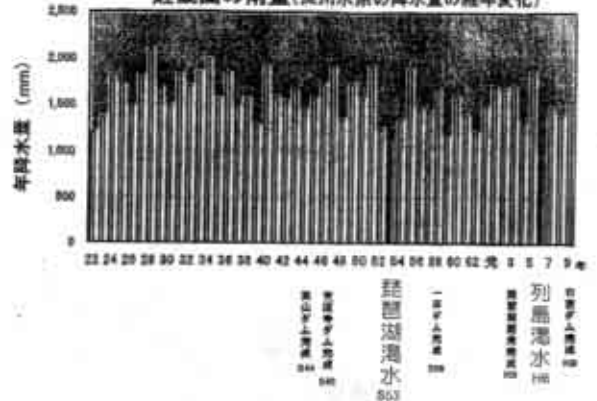
出典: 水資源白書

7

琵琶湖・淀川流域の水循環

琵琶湖流域における降雪・梅雨・台風
木津川流域の台風
桂川流域の梅雨
淀川水系の降水量の経年変化

近畿圏の雨量(淀川水系の降水量の経年変化)

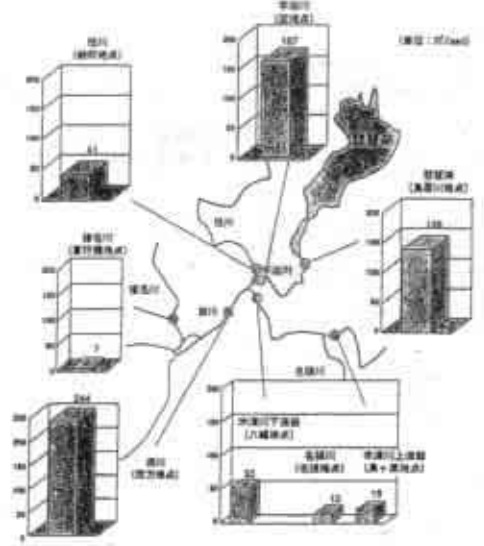


琵琶湖貯水量による流況変動緩和

8

(2)

琵琶湖・淀川流域における平均流況



琵琶湖・淀川の上下流問題

淀川開削と新淀川

- 人口・資産の増大, 都市化
- 中・下流域の遊水・保水能 減
- 安全・安定水準の確保と琵琶湖総合開発,
- 上流ダム群, 河川改修

9

降雨・流出現象のモデル化

流出モデル

短期流出 (洪水流出); 貯留関数法

$$\frac{dS}{dt} = r - a$$

$$a = f(S)$$

S: 流域貯留量 (流域面積で除した流域貯留高で表現することが多い)
 r: 有効雨量
 a: 流出量 (流域面積で除した流出高で表現することが多い)

長期流出 (低水流出); タンクモデル法

流域の帯水層をタンクに置き換え, 浸透と流出を通常4段の直列貯留タンクで表現
 流域の大きさ, 土地利用, 施設位置などから部分流域, 河道に分割し, 上記モデルの連続系あるいは複数系で表現し, 分布型化することが多い。



10

上流森林・ダム流域

森林の水源かん養機能

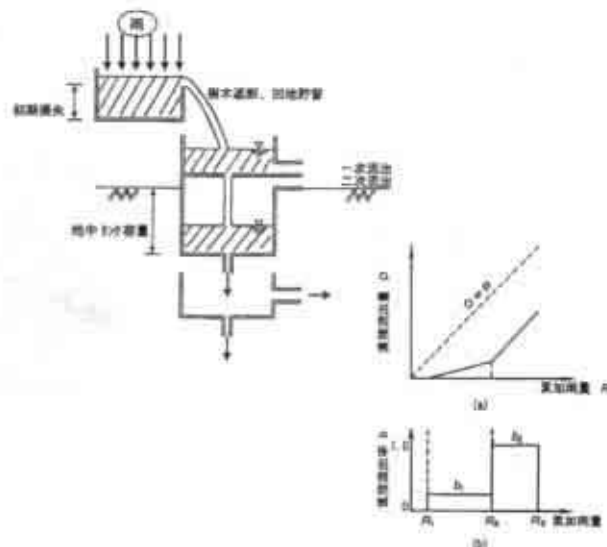
洪水緩和機能

滞水緩和機能

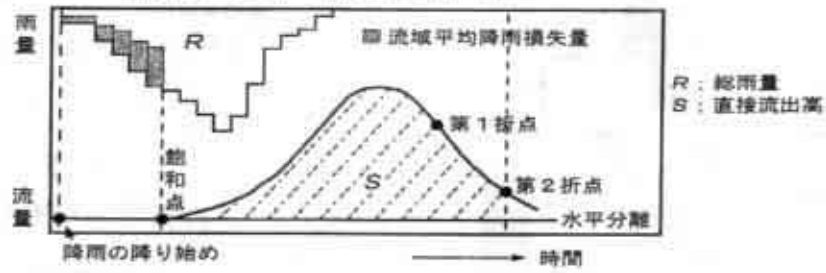
水質浄化機能

有効雨量の算定

累加雨量と直接流出量の関係



降雨ハイレト～流量ハイドロ



④

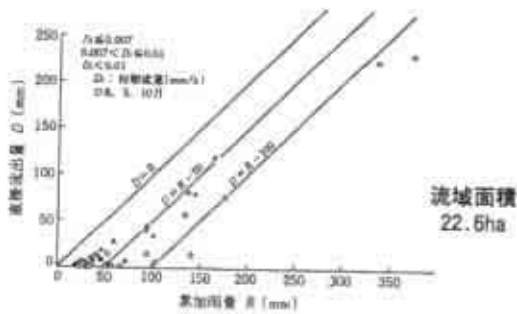
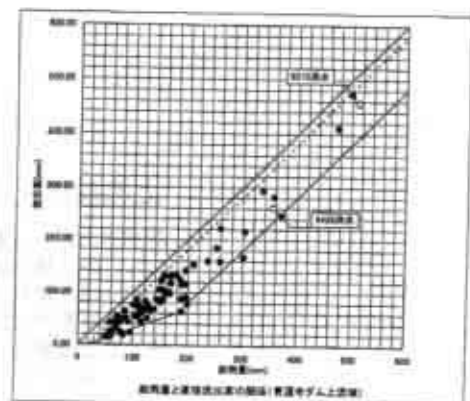


図2.36 縄ノ口附谷における累加雨量 R と直接流出量 D の関係



流域面積 102.7km²
 森林面積率 92.2%

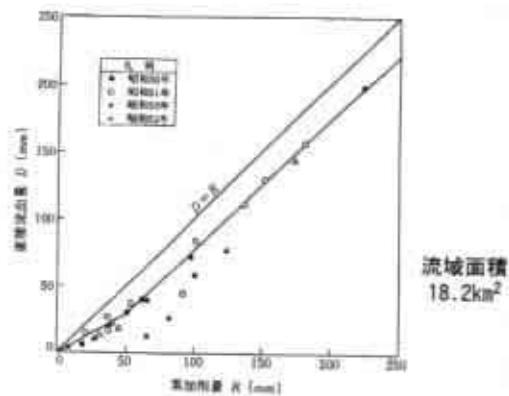
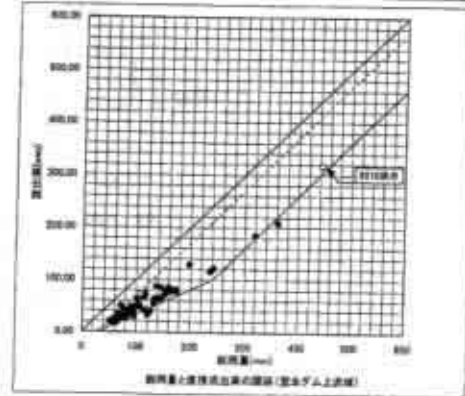
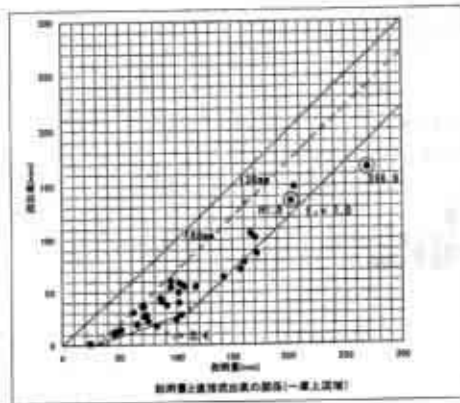


図2.37 伊太羅村における累加雨量 R と直接流出量 D の関係



流域面積 136.3km²
 森林面積率 74.4%



流域面積
115.1km²
森林面積率
昭和22年
82%
平成10年
75%

昭和30年代 高棟論文(森林の洪水調節機能)

森林と関係が深いA層が中間流出を支配することに着目し、森林土壌の洪水調節機能は、過剰降雨を流入量とし、A層土壌の空隙を貯水容量と見た場合「穴アキダムによる無操作の調節方式」と似ているとし、A層土壌の有効空隙率 γ とA層厚Dの積 γD は、次のように表せるとした。

$$\gamma D = (\exp \lambda_2 (t_2 - t_1)) \cdot i_0 / \lambda_2$$

ここに、 λ_1 は中間流出のてい減指数、 t_1 、 t_2 はそれぞれ流量てい減曲における中間流出の卓越時刻と終了時刻、 i_0 は最終浸透能である。

ここで、上式より γD を求める為には、図-6に示すように、実測の洪水を片対数でプロットし、中間流出成分のてい減指数(λ_2)とその卓越時刻(t_1 、 t_2)を求め、最終浸透能(i_0)を与えればよい。最終浸透能を推定する手法としては、Horton型の浸透能方程式を仮定し、累加浸透能を求め、それが近似的に累加損失雨量に等しいとして求める方法がある。

高棟はこの方法を日置川・殿山ダム上流域(293.0km²)、日置川・広井原上流域(128.4km²)及び由良川・大野ダム上流域(346.0km²)に適用し、 γD としてそれぞれ35、40、120mmを見出している。

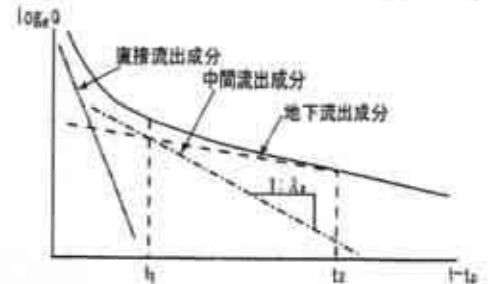


図-6 流量てい減曲線と流出成分

市街地を山地にした場合の流出量の変化

一庫上流域の市街地面積を山地にした場合、昭和28年9月の実績降雨でピーク流量値が16m³/s減少。概ね市街地が約10%山地になると流出量が1%減少か。

⇒ これらの実測ならびに計算から、森林は中小洪水に対してはかなりの洪水調節機能を有するが、大洪水となると、流域は流出に関して飽和状態となり、特にピーク流量の調節という面では大きくは期待できない。

森林は、水源かん養機能の他に土砂崩壊防止・土砂流出防止・雪崩防止といった山地災害防止機能、気象緩和・大気浄化機能といった環境保全機能、レクリエーション機能や生物多様性保全機能、葉としての林産物生産機能などをあわせ持っており、森林の整備・保全が重要であることには変わりない。

緑のダム(森林)とダム貯水池の治水・利水機能

森林の洪水・渇水緩和機能をこえる洪水時や渇水時の状況にあって、発生頻度や被害の軽減をはかるには、ある程度の水準をもった治水、利水機能を確保することが不可欠である。

治水計画、利水計画は森林の機能でカバーできない状況変動に対して、ある水準までは安全、安定を保持したいとする要求への対応計画である。

治水、利水計画の策定にあたっては、実績の流量ヒドログラフやそれから設定した流出モデルが用いられており、そこには現況の土地利用(森林地が広汎に含まれている)から流れ出てくる流量を前提に洪水や渇水の頻度や被害の軽減をはかる形で計画が立てられていることになる。もともと流域内の森林の存在を考慮していることになる。

治水、利水機能のある水準を確保する効果的な施設計画としてダム貯水池があり、治水にあってはダムの治水容量を活用して図-7のような形で大洪水にあってはピーク流量をカットし、河道改修とあわせて洪水被害をはかっている。利水にあっては図-8のように水需要の確保水準とともに、ダムの利水容量を活用して、その水準にまで年間を通じて安定した水供給をはかっている。

地球温暖化と変動の大きさへの懸念

世界各国にみる洪水、渇水災害の多発化
時間雨量の集中化、局所化

健全な水循環系の構築

世界水フォーラムの開催

2003年3月 琵琶湖・淀川流域

