

水資源と環境

布部ダム流域における雨量・流出量の経年変化と解析(1968 2002年)

第6分科会 福島昭一(幹事)、足立元彦、大掛敏博、大畑温憲、岡本昭一、
佐川喜造、佐藤忠雄、浜村靖、古川秀夫、峰和実、四方田穆

1. はじめに

近年環境問題の重要さが指摘される中で、水資源の面からも山林や農地の荒廃が流出に及ぼす影響として、洪水流量の増大、基底流量の減少などが論じられている。また他方では「緑のダム」論に基づく人工ダム不要論が叫ばれている。

第6分科会では、このような社会問題を受けて、今回のテーマを選択した。

2. 検討の方向

河川の流量と流域の状況を調査し、流域内山林の林相変化、農地の改廃など、環境変化が水資源(流出量)に及ぼす影響を検討した。なお、調査対象流域は飯梨川水系布部ダム流域(A=70km²)で、山林の占める割合は約86%の60km²である。

3. 流域の状況変化

布部ダム流域の地目等変化に関する記録が入手できなかったため、広瀬町(204km²)について農地面積(ha)および山林面積のトレンドから布部ダム流域の変化を推算した。(図1、表1参照)

流出量観測が開始された1968年以降、農地面積、林野面積に著しい変化はない。農地については転作や耕作放棄などが行われているが、農地面積は林野面積の6%程度であることから、流域が流出に及ぼす影響の大部分は林野によるものと推定される。すなわち、針葉樹面積の急激な増加と、広葉樹面積の半減である。その他、竹林面積の増加、圃場整備、河川・道路の改修も流出量に影響しているものと考えられる。

表1 経営耕地面積(単位:ha)

資料:農(林)業センサス

年 度	経営耕地面積	田	畑	樹園地
昭和55年	1,101	913	126	62
昭和60年	1,073	893	114	66
平成2年	966	847	92	27
平成7年	885	781	87	17
平成12年	761	682	72	7

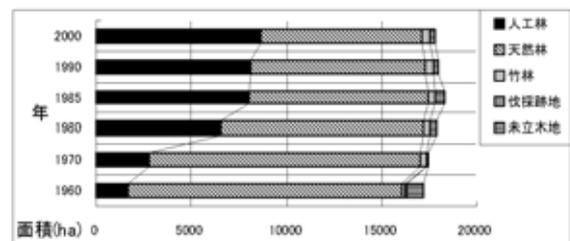
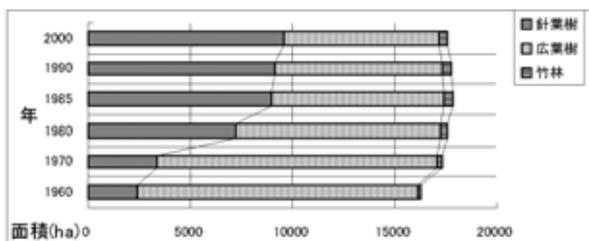


図1 林相の変化

4. 雨量の経年変化

布部ダム比田観測所の1969年(昭和44年)から2002年(平成14年)までの34年間の雨量記録を図2に示す。年最大雨量は2,535mm、最小雨量は1,207mm、平均雨量は1,904mmであっ

た。34年間の記録から、年雨量と年次の回帰式は

$$\text{年雨量} = 2,200 - 3.46 \times (\text{西暦} - 1,900)$$

となり、年間3.5mmの雨量が減少している傾向を示すが、相関係数は $r = -0.111$ と極めて低い。

明治30年から平成10年までの全国46地点算術平均のトレンドも減少傾向を示している。

(国土庁)

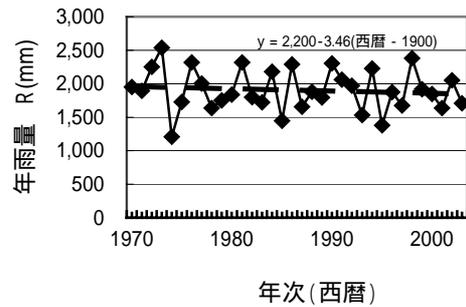


図 2 年雨量の経年変化

5. 特殊流況の経年変化

34年間の布部ダム流況表を図3および表2に示す。

平水・低水・濁水流量のトレンドを見ると、いずれも経年的に $10^{-3}(\text{m}^3/\text{s})$ のオーダーで増加する傾向にあるが、流量と年次との相関係数はいずれも $0.04 \sim 0.06$ であり、極めて低い。

また、表2に示すように一定の期間におけるこれらの平均流量についても増加傾向にあることが伺える。

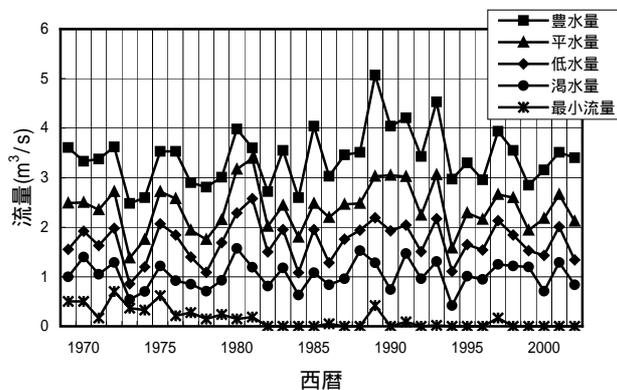


図 3 布部ダム流況図

表 2 平水・低水・濁水流量の動向

流量区分 年次	平水 流量	低水 流量	濁水 流量
1969 - 1977	2.27	1.61	1.00
1978 - 1987	2.39	1.72	0.99
1988 - 2002	2.47	1.76	1.08
平均	2.39	1.71	1.03

併せて、日平均流出が濁水流量の平均値に近い $1.0\text{m}^3/\text{s}$ 以下の小流量の日数を検討した。小流量発生日数は8月が最も多く、34年間で211日、7月が132日、6月が109日と次ぎ、1月～4月には1日も発生していない。また、1年間の小流量発生日数が最も多いのは昭和48年の139日で、昭和59年の81日、平成6年の70日がこれに次ぐ。小流量の発生は雨量に関係し、経年的増加または減少傾向は見られない。

6. 洪水（短期）流出量の経年変化

洪水流出率（降雨時の流出率）は、雨量の多少、降雨分布、降雨直前の流域乾燥状態（基底流出）などに大きく影響される。また、変化傾向は短期間で変化するとも考えられない。そこで、

流域の乾燥状態を示す指標として、一連降雨開始時点の流量（初期流量）によって3段階に区分する。

横軸に連続雨量、縦軸に流出率をとって回帰式を求める（図4参照）。

各洪水の流出率が、回帰直線より上に来るか（流出率が平均を上回る）、下に来るか（平均を下回る）を調べる。

検討対象事象は、連続雨量が 100mm 以上、最大流量が 10m³/s 以上の、合計 67 事象を採用した。極力独立したハイドログラフが得られるような一連降雨とその流出量を採用したため、一つの水収支検討期間は長いものでは 2 ヶ月に及ぶ。

まず、初期流量別洪水流出率 F (%) と連続雨量 R (mm) との回帰式は以下の通りである。

初期流量 > 渇水量 (1.03m³/s)

$$F = 23.4 + 0.0375 R \quad (r=0.88)$$

渇水量 < 初期流量 < 低水量 (1.71m³/s)

$$F = 27.3 + 0.0469 R \quad (r=0.53)$$

低水量 < 初期流量

$$F = 31.8 + 0.0472 R \quad (r=0.43)$$

初期流出が高く設定されている方が定数項および R の係数の大きさから見て流出率も高くなることが明白である。

ハイドログラフが占める全面積を総流出量、初期流量と終期流量を結ぶ直線以下の面積を基底流出、その差を洪水流出量 (= 総流出量 - 基底流出量) とした。(図 5 参照)

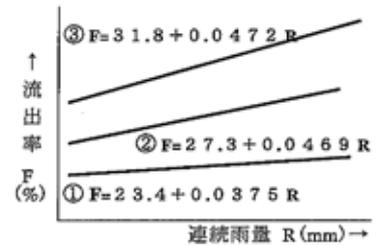


図 4 初期流量別流出率

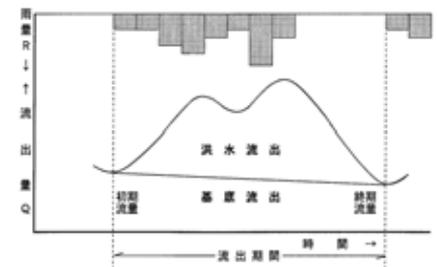


図 5 流出ハイドログラフ

ある洪水の流出率が平均より高ければ(流出し易い) 図 6 上でその点は回帰直線より上に位置し、平均より低ければ(流出し難い) 下に位置する。67 の降雨流出事象を発生年次によって、前出の流況と同じように 3 期間に分け、洪水流出率が回帰直線の上下いずれに位置するかをまとめると、表 3 のようになる。

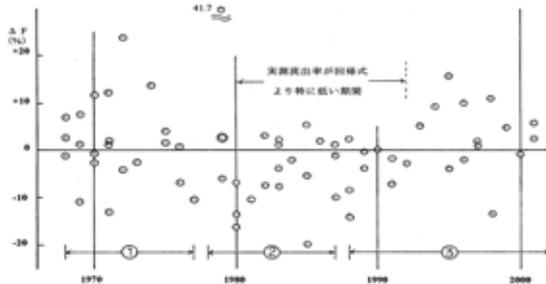


図 6 実測流出率と推定流出率との乖離

各期間ごとの状況は、 ① の期間は相対的に高め、 ② の時期では低め(各 60%)、および ③ の時期はほぼ平均的であった。なお、1980 - 1992 年の 27 例では、回帰直線を下回るものが 19 例(70%)で、この期間は洪水流出率が相対的に低い結果となった。

7. 低水(長期)流出量の経年変化

低水(長期)流出については、流域水収支法を用いて解析した。水収支とは、一定期間、一定地域の水の出入りの関係を表すもので、ある流域において、地下深部への浸透による流域外への流出が無いと仮定すれば、水収支の式は、算定式 $P = Q + E + S$ と表せる。

ここに、P ; 降雨量、Q ; 流出量、E ; 損失量、S ; 流域貯留変化量である。損失量 (E)

表 3 降雨流出発生時期別流出率の変動状況

年(西暦)	流出難 易区分	流出率が 回帰式 以上	流出率が 回帰式 以下	合計
1968 - 1977		13	9	22
1978 - 1987		9	13	22
1988 - 2002		12	11	23
合計		34	33	67

注) ① は 10 年間、1988 年以降は事例が少ないため、15 年間とした。

は、主に植物による蒸散や遮断蒸発、地表面からの蒸発からなり、流域からの蒸発散量に等しい。また、流域貯留変化量は、地中に保持される土壌水や、積雪地域では積雪による貯留の変化量であり、1年間の長い水収支では変化量は無いものとみなせる。よって、上記の水収支の式は、 $P = Q + E$ となる。

年降水量および年流出量資料から流域水収支法により、蒸発散量の変化を図 7 に示す。なお、蒸発散量と関係のある温度指数（松江）を追記した。

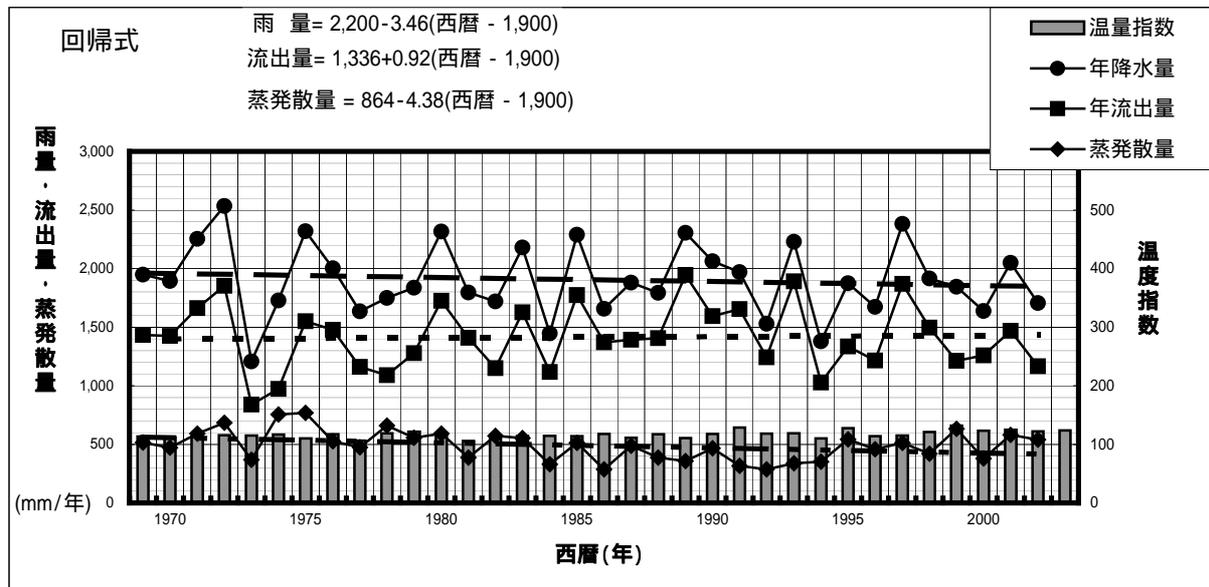


図 7 雨量・流出量・蒸発散量の経年変化

この結果から、年平均雨量 1,900mm/年に対し、平均流出量は 1,400mm/年(74%)、平均蒸発散量は 500mm/年(26%)程度となり、全国で行われた蒸発散量に比べやや低い値となった。また、雨量・流出量は、年次により変動が激しいが、蒸発散量はほぼ一定値を示す。特筆すべき事項として、1984年～1994年の10年間の蒸発散量が低い値を示しており、土地利用および林相に変化があったのではないかと推察される。図 8 に林相と年雨量・流出量・蒸発散量の経年変化を示す。

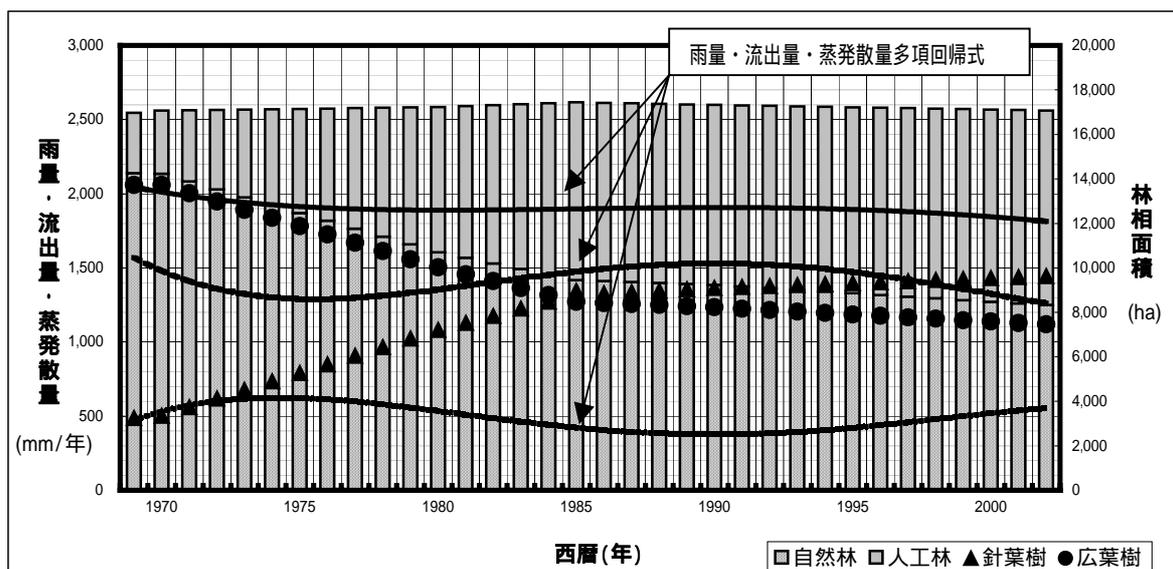


図 8 林相と雨量・流出量・蒸発散量の経年変化

布部ダム流域の場合、1970～1985年までの植林産業により人工林（針葉樹林）面積が飛躍的に拡大する反面、広葉樹林面積が激減した。この結果として、1970～1990年の20年間では、伐採による蒸発散量の減少傾向が続き、それ以降（平成2年を目途）では人工林の成長により増加傾向に転じたと推察される。

また、年雨量が減少傾向にある中で、平水流量以下が増加傾向にあることは、水収支的に見て蒸発散量の減少を示すものであり、針葉樹（幼木）や竹林面積の増加がこの理由を説明できる。なお、1日の中で最小流量が $0\text{m}^3/\text{s}$ （日平均流量 $\neq 0$ ではない）になる日は、昭和56(1981)年以前には皆無であったが、それ以降の21年間の内、16年間に少なくとも年1回以上0流量が発生している。近年0流量の発生回数が多くなっている理由の一つとしては、流域の保水力低下によるものと考えられるが、定かではない。

8.まとめ

以上、降雨および流出（短期、長期）について34年間の経年変化を検討し、以下の傾向を見出すことが出来た。

年降水量のトレンドは減少傾向、流出量のそれは年間流出量、平水・低水などの各流量とも微増傾向が見られた。雨量の減少にも拘わらず流量が増加するのは、流域の保水力低下ないしは蒸発散量の減少によるものであり、その原因としては農地の状況変化、林相変化、河川・道路の改修などが考えられるが、それらの影響度を定量的にとらえることは困難である。

洪水（短期）流出率について、1980～1992年の期間では平均的傾向（回帰直線）を下回る傾向にあった。この期間は針葉樹林の増加（植林）が鈍化傾向、すなわち広葉樹林面積の減少傾向が穏やかになったことが一因と考えられる。

低水（長期）流出について、水収支式から見た蒸発散量は年による変動は少ないものの、1980～1995年の間は相対的に少ない。広葉樹の伐採、針葉樹（幼木）の植林による流出量の増加、蒸発散量の減少から、針葉樹の生育に伴う蒸発散量の増加、流出量の減少への変化が見られる。また和57年以降、殆どの年において、短時間的な流量0が年1回以上発生している。ただし、日平均流出量は0にならず、また湧水量も増加傾向にあり、利水上の問題はない。

以上の雨量、流出量解析の他、流域管理について所見を付記する。

飯梨川のようにダム湖が存在する河川においては、広葉樹の伐採・針葉樹の植栽による蒸発散量の減少、保水力の低下は貯水率を高める方向に作用し、利水上の問題は少ない。

しかしながら一般河川の場合は、流域の保水力低下は好ましくない。

林業が衰退し、1990年以降の針葉樹林面積の増加は鈍化している。林業経営意欲を向上させる施策が望まれ、また生態系等の環境面全般に配慮した適切な森林管理を行う必要がある。

布部ダムの建設によって洪水防御上の効果が高まったと思われるが、反面ダム下流飯梨川では河床低下、河川敷への樹木・草本の過繁茂・固定化が生じている。これらに対して、地元住民から懸念の声が聞かれた。

（注）雨量、流量資料は広瀬土木事務所布部ダム管理事務所による。布部ダムの観測は昭和43(1963)年4月から開始。ただし、流域内に位置する比田観測所の雨量記録は、1979年までの12-3月は欠測（布部ダム観測所のみ）。解析項目によって、資料採用年次が異なっている。