

矢作川本川の流量に関連する長期データ

Long-term flow-related data of the Yahagi River

白金晶子・山本敏哉・洲崎燈子・内田朝子・間野隆裕・達 志保

Akiko SHIRAGANE, Toshiya YAMAMOTO, Toko SUZAKI, Asako UCHIDA,
Takahiro MANO and Shiho TSUJI

要 約

矢作川本川の流量に関連するデータを収集し、傾向を概観したところ、本川の流量は1970年に矢作ダムが建設されて以降、ダム下流で減少していることが明らかとなった。本川3地点の豊水、平水、低水、濁水流量を見ると、ダム建設以降、ほとんどが有意に減少していた。降水量はダム建設前後で一定の増減傾向は見られなかったが、近年少雨の年が頻発していた。気温は近年、急激に上昇しており、蒸発散量の増加が河川流量の減少に寄与していると推測された。

矢作川中流における季節別の流量は夏が最も多く、秋と春は似通っており、冬は著しく少なかった。矢作ダム建設前後でどの季節の降水量も有意差はなかったが、流量は春と冬で有意に減少していた。矢作川流域下水道への流入量は矢作川下流の流量の5%に達していた。

キーワード：矢作川、流量、長期データ、矢作ダム、利水量

はじめに

矢作川は農業、工業、上水道による水利用率が4割に達する河川で、高度な水利用と河川生態系保全を両立させることが流域の課題であり続けてきた。高度な水利用は河川生態系にさまざまな影響を及ぼすと推測され、その影響を明らかにするため平成24年度から「ダム河川矢作川の生態系回復をめざした研究」と題する研究プロジェクトを開始した。その一環として矢作川本川の流量に関連する資料を収集したので報告する。

方法

矢作川本川の流量に関連する資料として、流量、降水量、気温、利水量、矢作川流域下水道への流入量のデータを収集し、図示した。データ観測地点については図1を参照されたい。

1. 流量

矢作川流域最大の矢作ダム（河口から約80km, 1970年完成, 有効貯水量6,500万 m^3 ）への年平均流入量（国土交通省提供）、平戸橋（河口から約45km）、岩津（河口から約29km）、米津（河口から約10km）の年平均流量（愛知県岡崎農地開発事

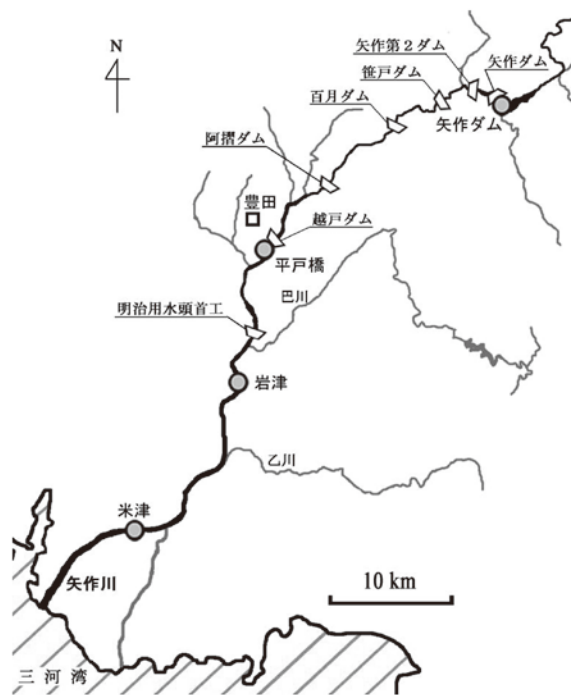


図1 観測所地点図。流量および流入量の観測地点（○）、アメダス観測所「豊田」（□）を示した。アメダス観測所「名古屋」（北緯35度10.0分、東経136度57.9分）については矢作川流域外のため省いた。

務所, 1977-2003; 愛知県西三河農林水産事務所, 2004-2012; 中部電力株式会社提供, 国土交通省提供) の経年変化を示した。平戸橋, 岩津, 米津については豊水, 平水, 低水, 渇水流量の経年変化も示した。さらに平戸橋については季節別の河川流量の経年変化を図示した。

2. 降水量・気温

矢作川中流域に位置するアメダス観測地点「豊田」(北緯35度07.9分, 東経137度10.6分)で1979年から観測されている降水量(気象庁, 2012)と1980年から観測されている気温(気象庁, 2012)の経年変化を図示した。矢作川流域周辺で矢作ダム建設以前の1890年から観測されているアメダス観測地点「名古屋」(北緯35度10.0分, 東経136度57.9分)の降水量と気温の経年変化, さらに季節別降水量, 降水強度についても経年変化を示した。

3. 利水量

矢作川本川から取水される農業, 工業, 上水道用水の年間総利水量(愛知県岡崎農地開発事務所, 1977-2003; 愛知県西三河農林水産事務所, 2004-2012)の経年変化を示した。また, 明治用水頭首工地点(河口から約34.5km)における矢作川本川の河川利用率(愛知県岡崎農地開発事務所, 1977-2003; 愛知県西三河農林水産事務所, 2004-2012)の経年変化を示した。河川利用率 A は農業, 工業, 上水道用水の年間総利水量, 明治用水頭首工地点の河川流量, 岩倉地点(河口から約60.5km)の取水量, 枝下地点(河口から約46km)の取水量の値を用いて下の式で求めた(愛知県西三河農林水産事務所, 2012)。

$$\text{河川利用率 } A = \frac{\text{年間総利水量}}{\text{明治用水頭首工河川流量} + \text{岩倉取水量} + \text{枝下取水量}}$$

4. 矢作川流域下水道

矢作川流域において1992年4月から供用が開始された矢作川流域下水道は現在, 流域の6.7%にあたる4市1町の122km²の汚水を処理し, 直接, 三河湾へ放流している(愛知県, 2012)。1992年度から2009年度までの下水道への年間総流入量(愛知県提供)の経年変化を図示した。

結果と考察

1. 流量

矢作ダムへの年平均流入量は毎年大きく変動し, 観測期間を通じて最大36.2m³/s 最小15.2m³/s, 平均26.2m³/sであった(図2a)。5年移動平均で概観すると1971年から1990年代前半にかけて緩やかに減少し, 1990年代後半から25m³/s前後の横ばい傾向が見られた。平戸橋の年平均流量も変動が激しく, 観測期間を通じて最大54.2m³/s, 最小17.0m³/s, 平均33.8m³/sであった(図2b)。5年移動平均では1940年代から1950年代前半にかけて増加し40m³/sを超える流量となったが, その後減少に転じ, 1980年代後半からは平均を下回る30m³/s前後で推移した。岩津の年平均流量も毎年大きく変動し, 観測期間を通じて最大84.2m³/s, 最小13.6m³/s, 平均44.4m³/sであった(図2c)。5年移動平均で見ても1950年代から1970年代前半にかけて48-67m³/sの範囲で2度の周期変動を繰り返し, その後1980年代前半まで減少傾向が見られ, 1980年代後半から25-45m³/sの範囲で推移した。1970年代中盤以降の5年移動平均は常に観測期間を通じた平均を下回る流量であった。4地点の中で最下流に位置する米津の年平均流量は変動が最も激しく, 観測期間を通じて最大103.9m³/s, 最小15.0m³/s, 平均48.6m³/sであった(図2d)。5年移動平均では1950年代から1960年代前半にかけて約70m³/sから40m³/s台に減少し, その後, 横ばいの傾向が見られた。矢作ダム建設前後で平戸橋, 岩津, 米津の年平均流量を比較したところ, 岩津と米津では有意差が認められた(平戸橋:p = 0.07, 岩津:p < 0.0005, 米津:p < 0.05, 分散が等しくないと仮定した2標本による両側t-検定)。平戸橋も片側t-検定では有意差が認められたことから, 矢作ダムが建設されて以降, 矢作川中下流の流量は減少したことが明らかとなった。

平戸橋の流況は豊水, 平水, 低水流量ともに1970年代まで大きく変動したが, 1980年代前半に減少して以降, 低流量で推移した(図3a)。渇水流量は1950年代以降, 急激に減少し1970年代後半から1980年代前半にかけて低位安定し, その後も変動はあるものの低流量で推移した。岩津の流況は豊水, 平水, 低水流量ともに1950年代から1980年代前半まで大きく変動しつつも減少傾向が見られ, その後, 低流量で推移した(図3b)。渇水流量は1970年代まで減少が見られ, 1980年代から1990年代前半は低位安定し, その後緩やかな増加傾向が見られた。米津の豊水, 平水, 低水流量も岩津とほぼ

同様の傾向で推移したが、濁水流量は変動があるものの一定の増減傾向は見られなかった（図3c）。

2. 降水量・気温

1979年から2011年までの豊田の年降水量は最大1884mm、最小884mm、平均1462mmで、年変動は激しいが一定の増減傾向は見られなかった（図4a）。1891年から2011年までの名古屋の降水量は最大2324mm、最小901mm、平均1588mmであった（図4b）。5年移動平均で概観すると1890年代から1920年代前半は1500-2000mmで推移したが、1920年代後半から1940年代は平均を下回る降水量の年が大部分で、1950年代以降は変動が激しいものの1500mm前後で推移した。経年変化からは一定の増減傾向は見られなかったが、年降水量を既往最小値から並べると、1位から2005年、1994年、2002年と近年、小雨の年が頻発していることが分かった。1979年以降の名古屋の年降水量は平均1548mmで、豊田に比べ86mm多かったが、この期間の名古屋と豊田の降水量の間には高い相関が認められた（ $n = 31, R = 0.883, p < 0.0001$ ）ことから、1891年以降の豊田における降水量の経年変化は名古屋と似通った傾向であることが示唆された。

森田ほか（2010）は上流部にある気象庁の観測所「稲武」と下流部の観測所「岡崎」の降水量を調べたところ、1956年から2005年の50年間の年平均降水量は稲武が2029mm、岡崎が1476mmで、月別にみると6~9月の多雨期の降水量に大きな差が見られた。しかし、年降水量の長期変動傾向は2地点間で類似しており、ともに50年間で約200mmの減少傾向が見られたことから、矢作川流域全体で降水量は近年、小雨の年が頻発するもしくは減少傾向が示唆された。

名古屋の降水強度の経年変化を概観すると、無降水の日は減少傾向にあり、1940年から1959年までの20年間に、無降水の日は平均すると1年に182日あったが、1992年から2011年までの20年間では163日と10%減少した（図5a）。一方、降水量が0.5mm未満の日は増加する傾向にあり、上記と同様の期間を比較すると63日から87日へ24日（39%）増加した。河川流量に影響を与えるであろう0.5mm以上を観測した降水量の日数は、年による変動はあるものの一定の増減傾向はみられなかった（図5a, 5b）。近年、全国的に大雨の頻度が高まっていると言われている。気象庁（2006）は日降水量100mm以上の日数が1901-1939年の30年間に比べ、1977-2006年の30年間に1.2倍へ増加したと報告しているが、名古屋の降水量は1940-2006年の間に明瞭な傾増減向は検出

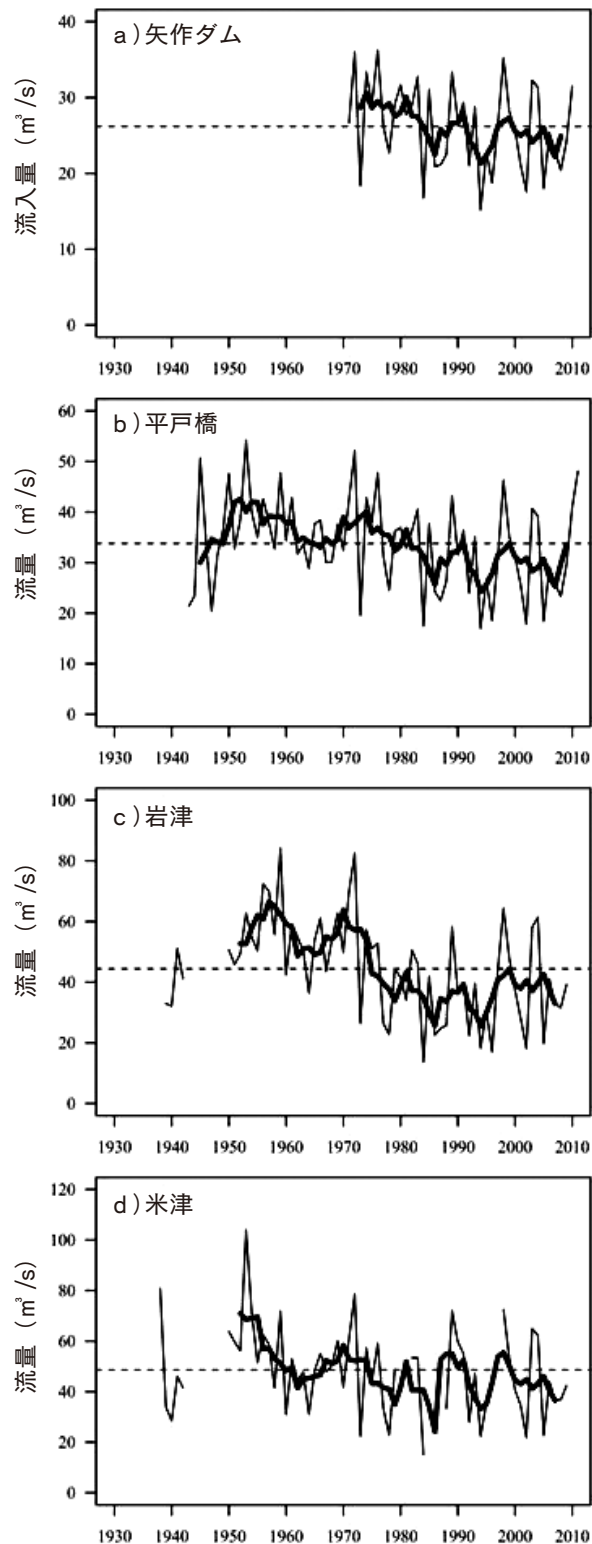
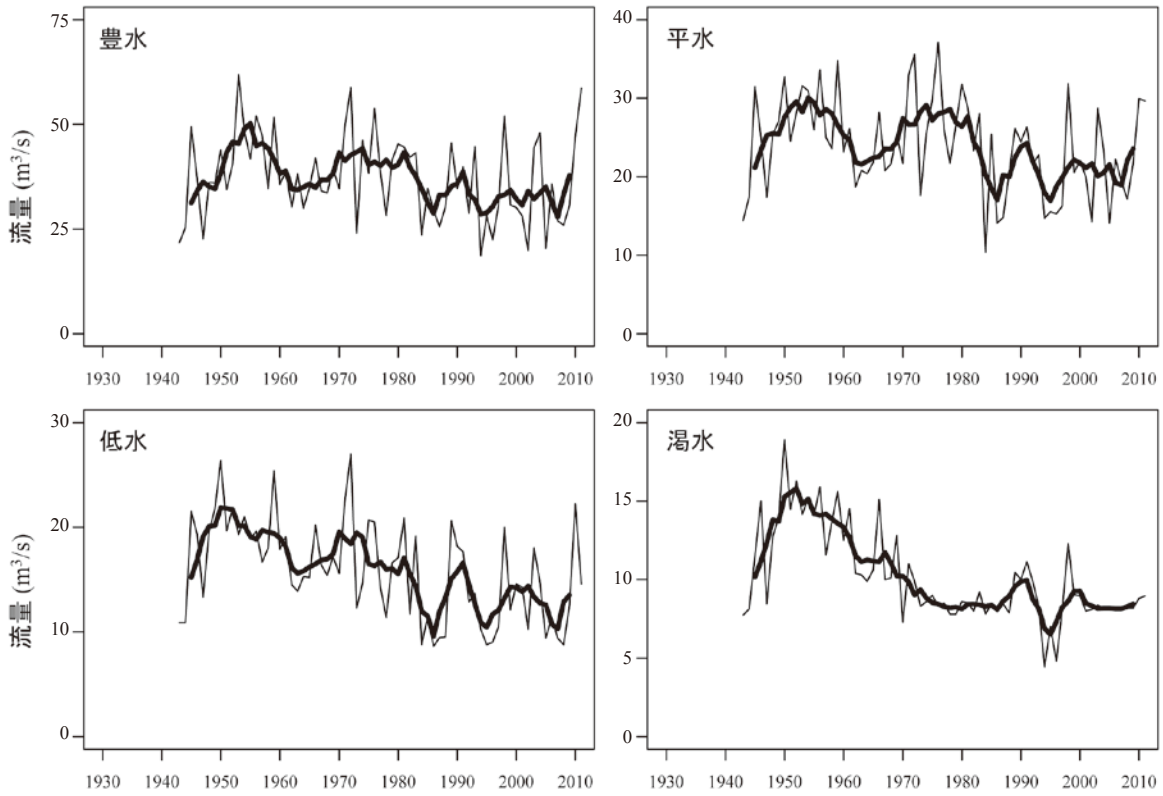
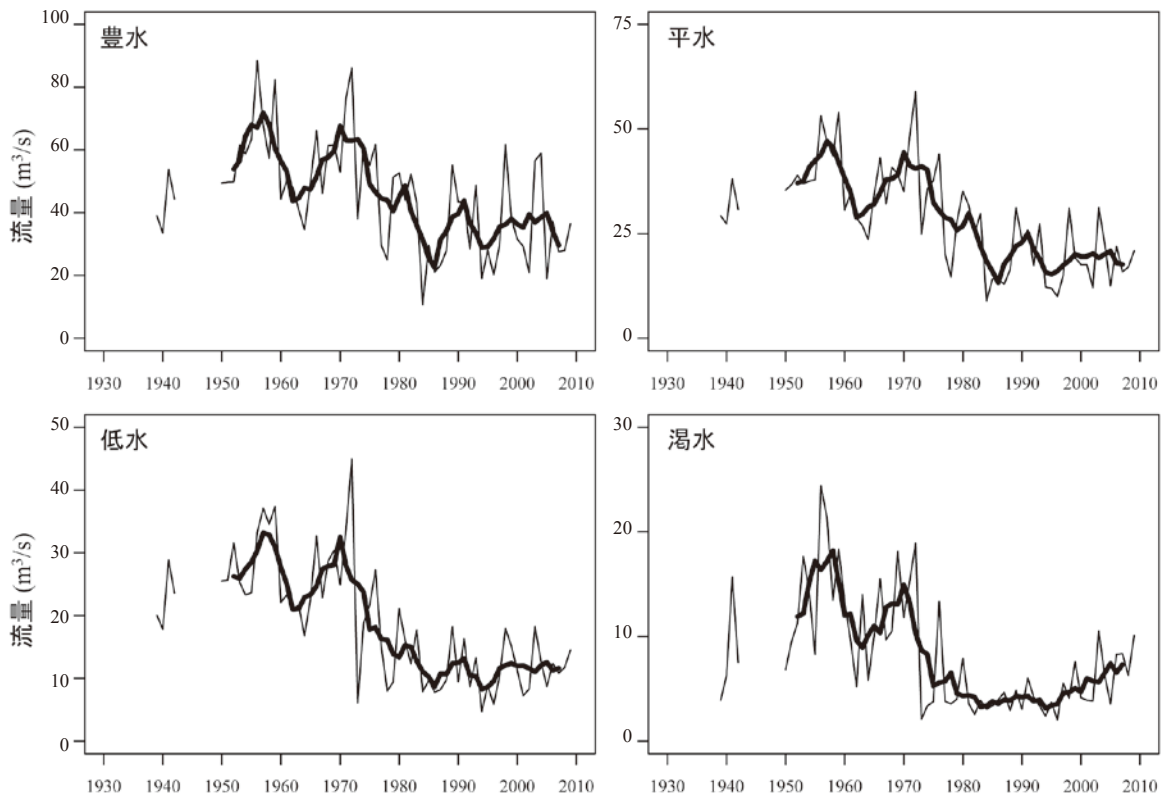


図2 a) 矢作ダム (1971-2010年) への年平均流入量および、b) 平戸橋 (1943-2011年), c) 岩津 (1939-1942, 1950-2009年), d) 米津 (1938-1942, 1950-1979, 1982-1984, 1988-1995, 1998-2009年) の年平均流量の経年変化。各年平均 (—), 5年移動平均 (—), 観測期間を通じた平均 (---) の流入量, 流量を示した。

a) 平戸橋



b) 岩津



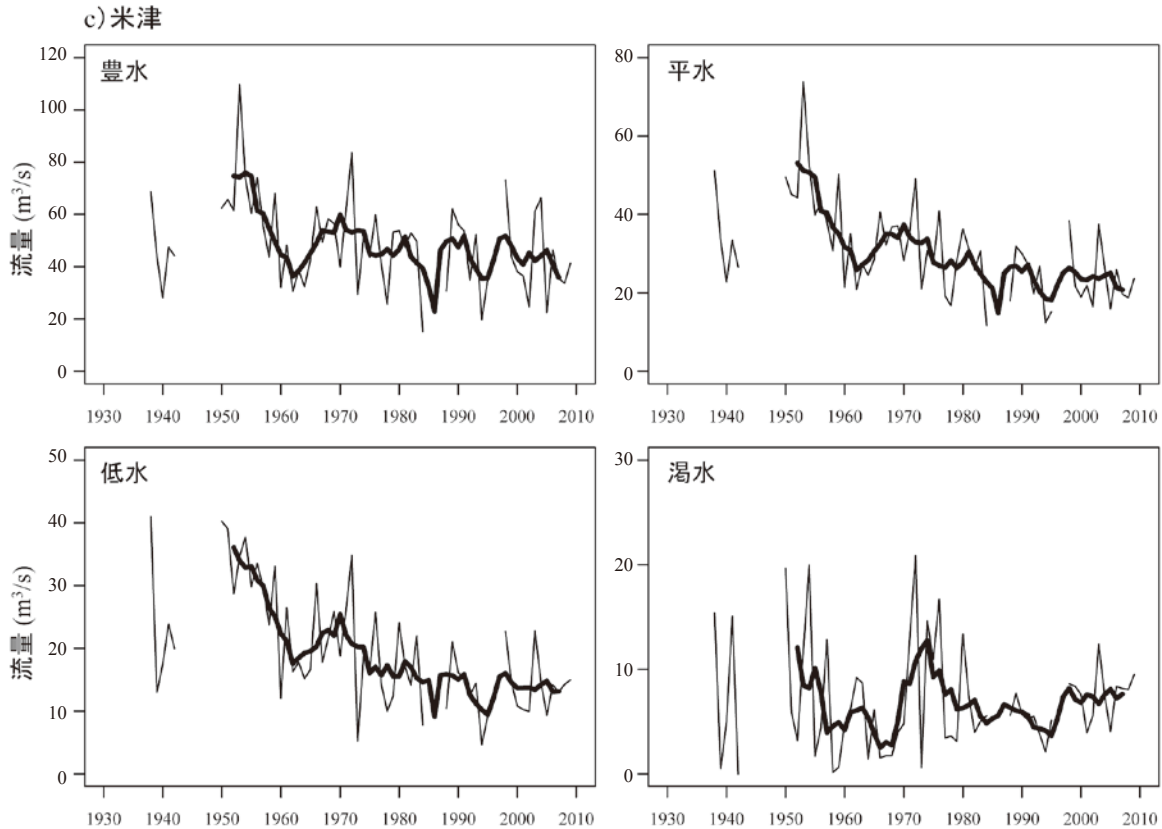


図3 a) 平戸橋, b) 岩津, c) 米津の流況の経年変化. 豊水 (1年を通じて95日はこれを下回らない流量), 平水 (1年を通じて185日はこれを下回らない流量), 低水 (1年を通じて275日はこれを下回らない流量), 渇水 (1年を通じて355日はこれを下回らない流量) 流量の各年平均 (—), 5年移動平均 (—) を示した.

されなかった. 名古屋と豊田の降水量の間には高い相関があったことから, 1940年代以降, 矢作川の流量の時間変動パターンに影響を及ぼす降水パターンの変化は生じていないと考えるのが自然であろう.

豊田の年平均気温は観測期間を通じて最大16.1°C, 最小13.2°C, 平均14.8°Cであった. 5年移動平均で見ると観測当初の1980年代前半は14°C前後であったが, その後, 名古屋と同様右肩上がりに上昇し, 1990年代後半以降, 15°C台となった (図4c). 名古屋の年平均気温は観測期間を通じて最大16.8°C, 最小13.5°C, 平均14.9°Cであった. 5年移動平均では1940年代まで14.5°C前後で推移したが, 1940年代後半から上昇する傾向が見られ, 1990年代後半以降, 16°C台となった (図4d). 1980年以降の平均気温は名古屋が15.8°Cで, 豊田より1.0°C高かったが, 1980年以降の名古屋と豊田の気温には高い相関が得られた ($n = 32, R = 0.963, p < 0.0001$) ことから, 両地点の気温の経年変化は同様のトレンドであったこと

が示唆された. 森田ほか (2010) は上流部の稲武および下流部の岡崎で1956年から2005年まで観測された気温データを用いて, ソーンズウェイト法 (Thornthwaite, 1948) により蒸発散量を算定した. その結果, 年蒸発散量は50年間で約50mmの明瞭な増加傾向を示し, 両観測所の変動傾向は似通っていた. 中流部の豊田でも両観測所と同様な気温の上昇傾向が見られることから, 矢作川流域全体で蒸発散量は増加しており, 矢作川の河川流量の減少に寄与していると推測された.

3. 平戸橋における季節別の降水量と流量

名古屋の降水量を季節別で見ると, 夏が最も多く, 続いて春と秋はほぼ同程度で, 冬は著しく少ない傾向が見られた (図6). 5年移動平均で経年変化を概観すると, 春は400mm前後, 冬は100-200mmの降水量で推移した. 一方, 夏の降水量は1940年代に400-500mmであったが, 1950年代から1980年代前半まで500-700mmの範囲で著

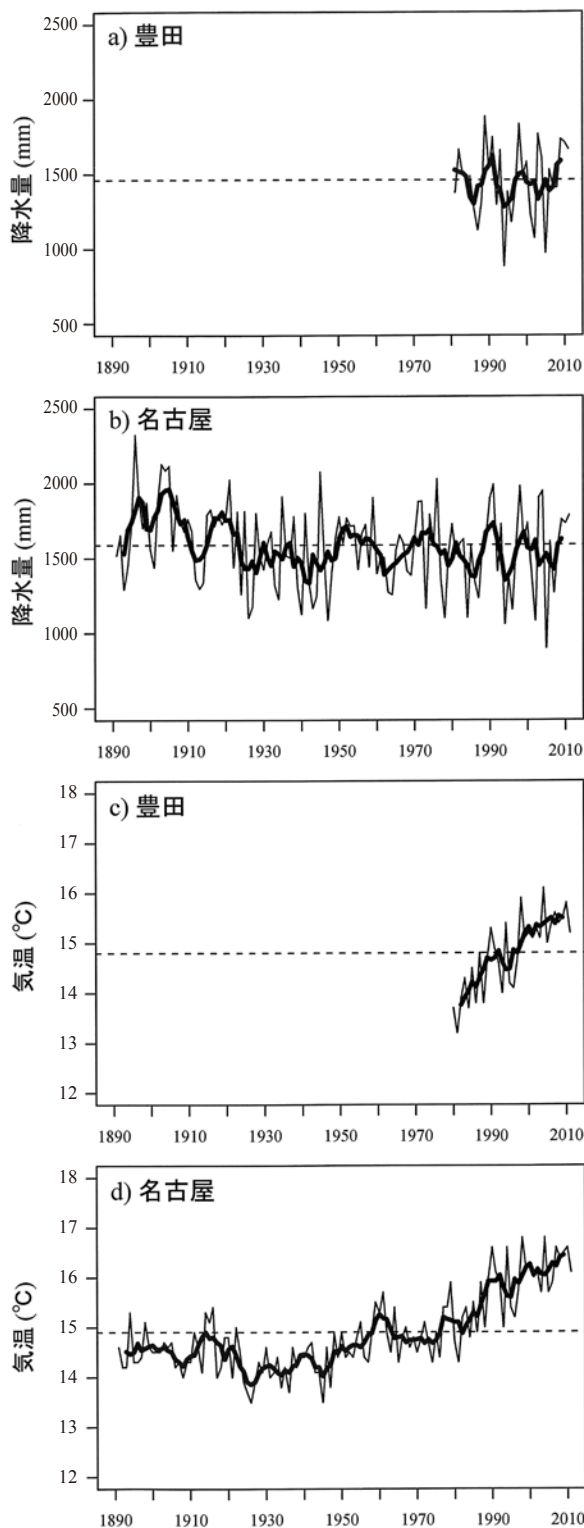


図4 名古屋および豊田の年降水量，年平均気温の経年変化。a) 豊田の降水量(1979, 1981-1983, 1985-2011年)，b) 名古屋の降水量(1891-2011年)，c) 豊田の気温(1980-2011年)，d) 名古屋の気温(1891-2011年)の各年平均(—)，5年移動平均(—)，観測期間を通じた平均(---)を示した。

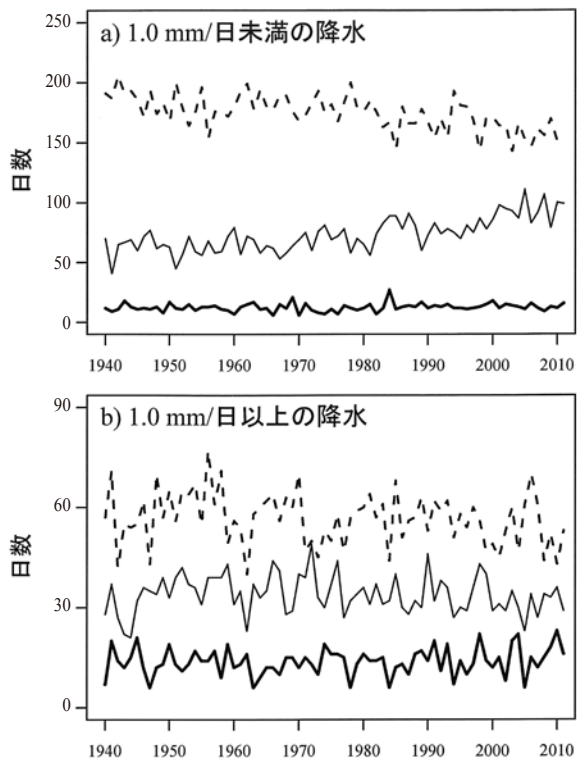


図5 名古屋の降水強度の経年変化(1940-2011年)。a) 各年の無降水(---)，0.5mm未満(—)，0.5-1.0 mm(—)，b) 1.0-10 mm(---)，10-30 mm(—)，30 mm以上(—)を観測した降水の日数を示した。

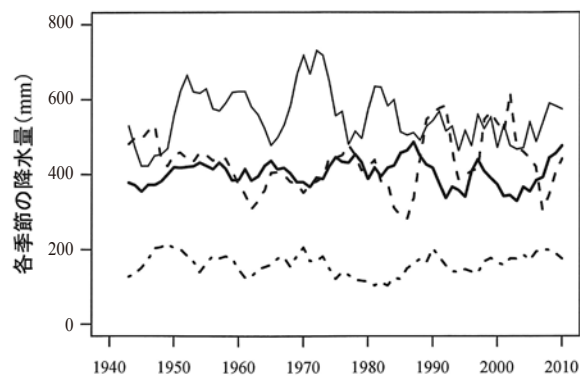


図6 名古屋の季節別降水量の経年変化(1940-2011年)。春季(—)，夏季(—)，秋季(---)，冬季(---)の降水量を5年移動平均で示した。

矢作川本川の流量に関連する長期データ

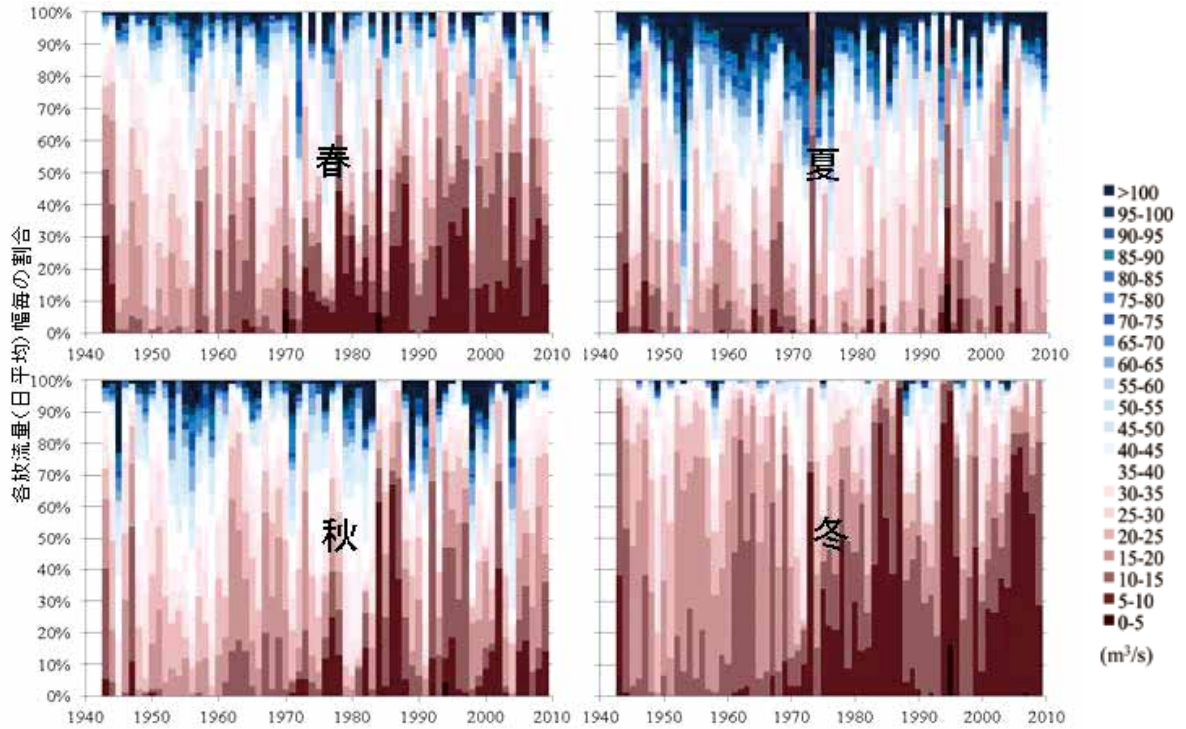


図7 平戸橋の季節別河川流量の経年変化(1943-2009年). 日平均流量を用いて毎年の各流量幅に含まれる日数の割合を示した.

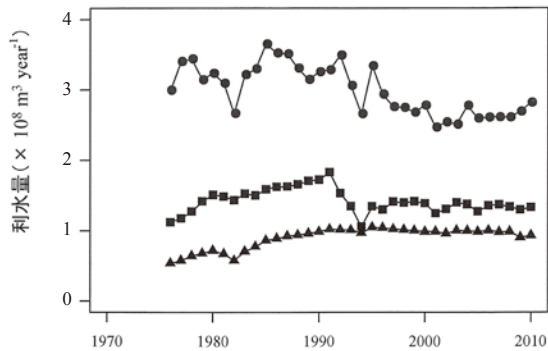


図8 矢作川本川における農水(●), 工水(■), 上水(▲)の年間総利水量の経年変化(1976-2010年).

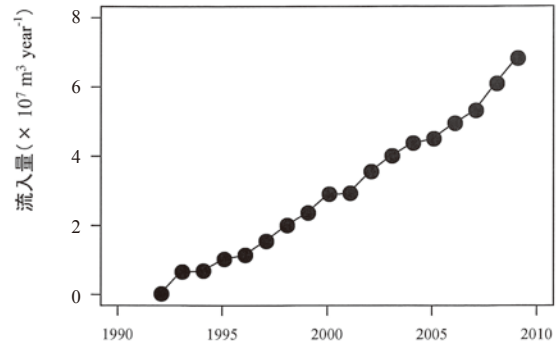


図10 矢作川流域下水道への年間総流入量の経年変化(1992-2009年度).

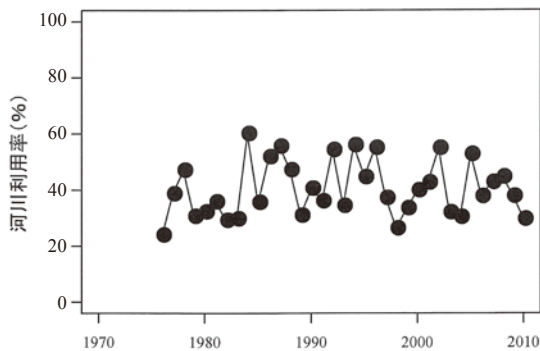


図9 矢作川本川の河川利用率の経年変化(1976-2010年).

しく変動し, 1980年代後半からは500-600mmで推移した. 秋は1940年代に500mm前後の降水量であったが, 1950年代から1980年代前半まで400mm前後で推移し, その後は300mmから600mmを超える値まで大きく変動した.

平戸橋の観測期間を通じた日平均河川流量は夏が最も多く $48.8\text{m}^3/\text{s}$ で, 秋が $36.1\text{m}^3/\text{s}$, 春が $30.3\text{m}^3/\text{s}$ と似通っており, 冬は著しく少ない $18.7\text{m}^3/\text{s}$ で(図7), 季節別の降水量と密接な関係があった ($n = 68$; 春: $R = 0.712$, $p < 0.0001$, 夏: $R = 0.749$, $p < 0.0001$, 秋: $R = 0.699$,

$p < 0.0001$, 冬: $R = 0.599$, $p < 0.0001$). また, 夏以外の季節では1970年の矢作ダム建設以降, 流量の少ない日が増加傾向にあり, 春と冬はダム建設前後で有意差が見られた(ダム建設前 $n = 27$, ダム建設後 $n = 38$; 春: $p < 0.05$, 夏: $p = 0.222$, 秋: $p = 0.412$, 冬: $p < 0.05$, 分散が等しくないと仮定した2標本による両側t-検定). 一方, 降水量はどの季節も矢作ダム建設前後で有意な差はみられなかった.

4. 利水量

農業用水の年間総取水量は1970年代後半以降, 1982年の $2.7 \times 10^8 \text{m}^3$ を除いては1993年まで $3.0 \times 10^8 \text{m}^3$ 以上で推移したが, その後減少し1997年以降 $2.5\text{-}2.8 \times 10^8 \text{m}^3$ の範囲で増減した(図8). 工業用水の年間総取水量は1970年代後半から1991年まで $1.1 \times 10^8 \text{m}^3$ から $1.8 \times 10^8 \text{m}^3$ へ1.6倍程増加したが, その後減少に転じ, 1990年代後半以降 $1.3 \times 10^8 \text{m}^3$ 前後で推移した. 上水道用水の年間総取水量は1970年代後半から1991年まで $0.5 \times 10^8 \text{m}^3$ から $1.0 \times 10^8 \text{m}^3$ へと約2倍に増加したが, その後 $0.9\text{-}1.0 \times 10^8 \text{m}^3$ 程で推移した. 総利水量に対する農水の割合は1970年代後半に60%以上であったが, 1990年代前半まで徐々に減少し, その後50%台前半で推移した. 一方, 工水の割合は期間を通じて, おおよそ20%台で推移し, 上水の割合は1990年代前半まで増加し, その後20%前後で横ばいの傾向を示した.

明治用水頭首工(河口から約34.5km)地点の河川利用率は24.0%から60.2%の範囲で推移し, 平均40.4%であった(図9). 河川利用率は豊田の降水量と密接な関係があり, 降水量が多い年ほど利用率が低くなるという強い負の相関が認められた($n = 30$, $R = -0.866$, $p < 0.001$).

5. 矢作川流域下水道

下水道への年間総流入量は1992年度以降, 右肩上がりに増加し, 2009年度は $6.8 \times 10^7 \text{m}^3$ となり, 毎秒当たり 2.2m^3 となった(図10). 河口から約10kmの米津の年平均流量は2009年に $42.4 \text{m}^3/\text{s}$ であったことから, 約5%にあたる流量が流域下水道へ流れ込み, 直接, 三河湾へ流入していることが明らかとなった.

おわりに

矢作川流域ではインプットとなる降水量が近年, 少雨の年が頻発するもしくは減少する傾向が見られた. 河川流量は1970年に矢作ダムが建設されて以降, ダム下流

で明確な減少が認められ, 季節別では冬と春に流量の減少が顕著であった. 加えて, 近年の気温上昇による蒸発散量の増加や矢作川流域下水道への流入量の増加も, 矢作川の河川流量の減少に拍車をかけている. 今後, 矢作川中下流における流量の減少, 流量の変動パターンについての詳細な解析を行い, 流量の変化が河川生態系に与える影響を明らかにすることが必要であろう.

謝辞

本論文を執筆するにあたり, 国土交通省矢作ダム管理所から矢作ダムへの流入量のデータ, 中部電力株式会社から越戸ダム放流量のデータ, 国土交通省豊橋河川事務所から岩津および米津の流量データ, 愛知県建設部下水道課から矢作川流域下水道への流入量のデータを頂いた. 記して厚くお礼申し上げる.

引用文献

- 愛知県(2012)平成24年度 愛知の下水道(資料編). 愛知県.
- 愛知県西三河農林水産事務所(2004-2012)矢作川利水総合管理年報(平成15年~平成23年). 愛知県.
- 愛知県岡崎農地開発事務所(1977-2003)矢作川利水総合管理年報(昭和51年~平成14年). 愛知県.
- 気象庁(2006)気候変動監視レポート2006. 気象庁. <<http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/monitor/index.html>>
- 気象庁(2012)気象統計情報. <<http://www.jma.go.jp/jma/menu/report.html>>
- 森田 実・宮沢哲男・野田賢治・佐藤正之・平川雄一(2010)矢作川流域の水環境と人間(2) - 降水量・蒸発散量の変動特性 -. 愛知大学総合郷土研究所紀要, 54: 25-32.
- Thornthwaite(1948) An approach toward a rational classification of climate. Geographical Review, 38: 55-94.

豊田市矢作川研究所:
〒471-0025 愛知県豊田市西町2-19