

石川流域における水循環調査について

A STUDY ON INVESTIGATION OF WATER CYCLE PROCESS IN THE ISHIKAWA RIVER

長谷部正彦¹・平田健正²・井伊博行²・坂本康³・江種伸之²・糸川高德¹
西山幸治⁴・斉藤信彦⁴・生天目実一¹

Masahiko.HASEBE, Takemasa.HIRATA, Hiroyuki.II, Yasusi.SAKAMOTO, Nobuyuki.EGUSA,
Takaniri.KUMEKAWA, Kouji.NISHIYAMA, Nobuhiko.SAITOU and Norikazu.NAMATAME

¹ 正会員 宇都宮大学大学院工学研究科(〒321栃木県宇都宮市石井町2753)

² 正会員 和歌山大学システム工学部(〒640和歌山県和歌山市栄谷930)

³ 正会員 山梨大学環境土木工学科(〒400山梨県甲府市武田4-3-11)

⁴ 正会員 建設省大和川工事事務所(〒582大阪府柏原市大正2-10-8)

It is important that it makes clear cyclic process of water and water balance in urban river. But, the process of water cycle and water balance have not been made clear in the hydrologic system, because many factors are each other influenced complicatedly and that it is not elucidated in real basin.

In this study, we attempt to clarify the process of water cycle in a watershed of the Ishikawa river with a discharge area of 220 km² by environmental isotope tracers. Both geochemical data which are EC, $\delta^{18}\text{O}$ etc. and river discharge are directly measured at many points.

As result, it is obvious that cyclic process of river water and water balance are grasped through geochemical data and field observation from macroscopic point.

Key Words : geochemical method ,EC, cyclic process of water, water balance

1. はしがき

水循環系を明らかにする上で基本となるのは水の循環経路を明らかにすることである。しかし、水は複数の経路を経て離合することから、その経路を明らかにするには、従来より水量の収支を中心にして検討されている。しかし、水量に関しては個々の経路の誤差等により、定性的な意味においても循環経路を明らかにすることに障害があり、特に、水質負荷源の特定には大きな課題となっているのが現状である。最近、金属系等の特定の物質は水循環の過程で変質することなく負荷源から河川へと輸送されることが分かってきている。例えば、地下水系の酸素同位体比($\delta^{18}\text{O}$)、農地系の硝酸、カリウム等である。また、循環過程におけるある物質の多量の変化は、その循環過程の特定の機構(人間生活や社会生活等)の関与を示唆する重要な証拠になりうる。

そこで、本研究では、小流域の水循環過程の解明の第一歩として、そのような物質をトレーサとして追跡することにより、河川・地下水を対象に流域内の水循環経路と水収支を把握することにより土地利用の変化が河川水に及ぼす影響を把握することを目

的とする。

2. 観測対象流域(石川流域)の概況

石川は、大阪府と和歌山県の境をなす三国山に源を発し、北流して、河内長野市、富田林市、羽曳野市と流下する。その途中で、大阪府と奈良県、和歌山県との府県境をなしている葛城山、岩湧山の山麓より発し西流する右支川、天見川、佐備川、千早川、梅川、飛鳥川を、また羽曳野丘陵より発する左支川、大乗川を合わせて、柏原市にて大和川(17 km付近)に合流する流路延長が30 km、流域面積220 km²(道明寺地点)の南大阪地域で最大の河川である。流域図を図-1に示す。この石川流域の特性として、例えば、羽曳野丘陵を始めとする丘陵部においては、大規模な宅地開発や大学などの研究学園施設の立地が進み、近年の急激な市街化の進展により、平地部においては、狭小過密な住宅地形成が進み、遊水機能の低下が進みつつある。

3. 石川流域の水文・水質状況

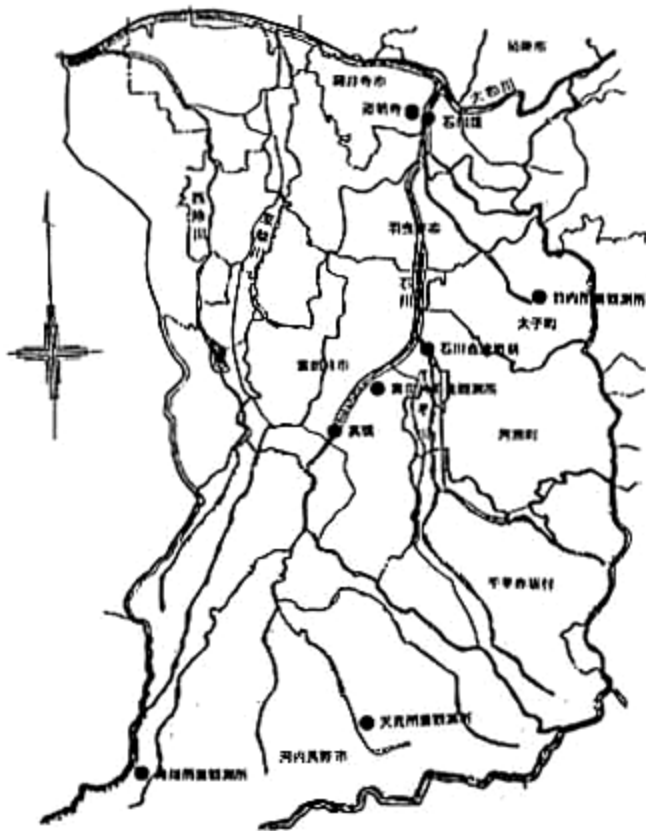


図-1 石川流域図

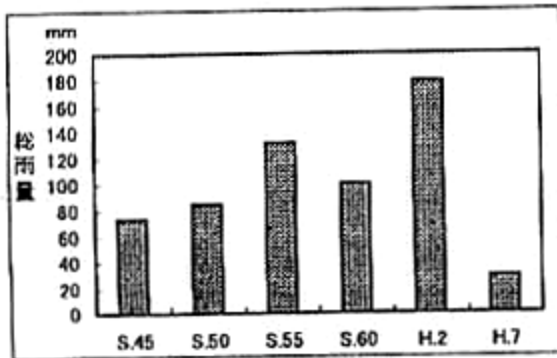


図-2 雨量経年図

(1) 流出率

図-2に、昭和45年から平成7年までの5年ごとの道明寺地域の2月の総雨量のハイトグラフを示す。図より平成2年の2月は雨量が多く、平成7年は、雨量が少なく、渇水の状態であったと思われる。次に、同地域の流出率を求め、図-3にその結果を示す。流出率は僅かであるが、年々大きくなってきている。また、平成2、7年を比べてみると、雨量の少ない平成7年の方が流出率が大きくなっている。この理由としては雨量による流出のほか、この流域の人口が増加していることを考慮すると、生活排水等による流出が含まれると推察される。

(2) 土地利用状況と地質構造

石川流域の土地利用状況は、主に、上流部の森林地帯、中流部の水田、果樹園、中流部から下流部に

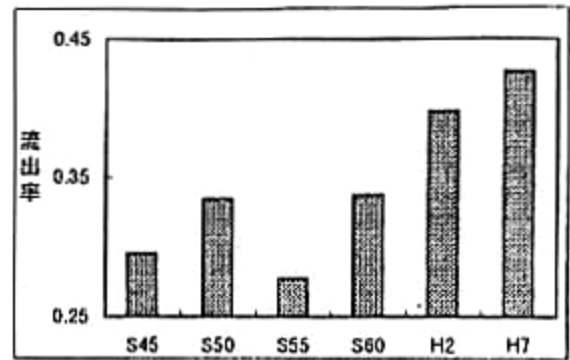


図-3 流出率経年変化図

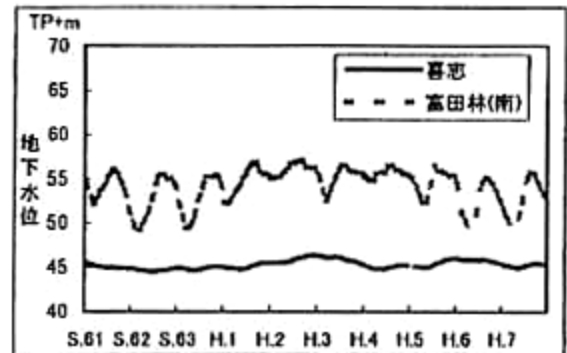


図-4 地下水位の経年変化図

かけての住宅地に分けることができる。石川上流部は主に針葉樹からなる森林地帯で、石川本流や加賀田川、天見川は、森林地帯から河内長野市の住宅地を流れ、以降富田林などの住宅地を流れており、水田や果樹園を流れる場所は少ない。上流部を除くと、石川の西側は主に住宅地である。一方、石川の東側にある石川支流の佐備川、東條川等では、森林地帯から水田、果樹園を通して住宅地に流れている。このことから、土地利用と水質の関係を調べるためには、石川本流と佐備川の東側の支流河川を調べるのが適当である。次に、地質状況を調べると、石川流域に分布する地質は、傾家花崗岩類や変成岩類が分布し、風化するとマサ化し、有機物に乏しい土壌を形成する。大坂層群の堆積物は有機物に富んでいる。上流部の森林地帯は主に傾家の花崗岩類や変成岩類の有機物に乏しい地帯に分布し、果樹園は大坂層群や丘陵地積物の分布する富田林南東の佐備川、東條川流域に見られる。水田は沖積層の分布する河川周辺に見られる。上流部を除くと石川の西側は開発が進み、地質や地形に関係なく、住宅地が分布する。

(3) 地下水と水質

図-4に石川流域の喜志および富田林観測所の昭和61年から平成7年までの地下水位の経年月変化図を示す。図-5に喜志地点の水質T-N、T-Pの地下水水質の経年変化図を示す。両者の濃度は、ほぼ平行な動きであるが、平成5年頃には、逆の傾向を示している。次に、図-6に石川と大和川の合流点手前の柏原地点のBOD75%と低水流量の関

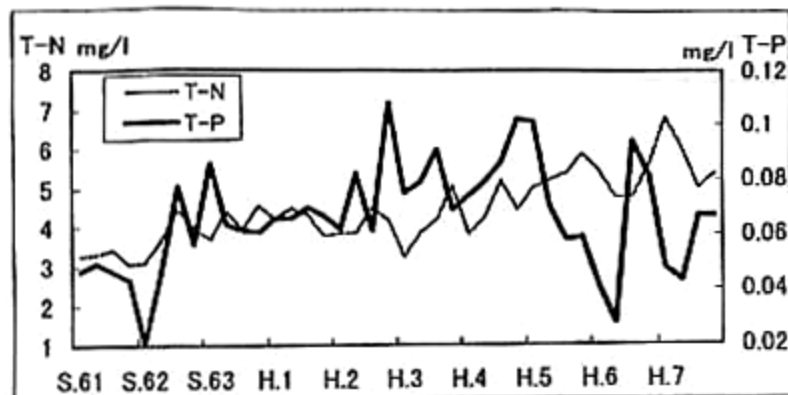


図-5 地下水水質の経年変化図(N-T,N-P)

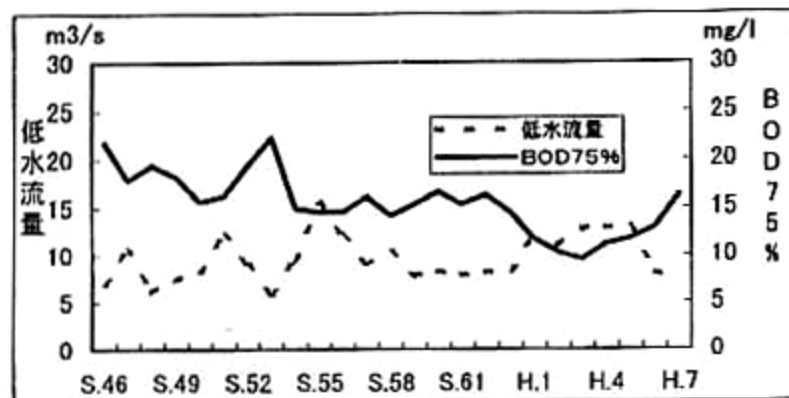


図-6 柏原地点のBOD75%と低水流量の経年変化図

係の経年変化図を示す。これによると、流量(降雨)の少ないときにBODが高い値を示している。

4. 水質調査と流量観測

3に示した石川流域の水文・水質状況を踏まえて、実際に水質調査および流量観測を行い、河川・地下水等を対象に石川流域における水循環と水収支を総合的に検討する。

(1) 水質調査

前出3(2)の土地利用状況を考慮して水質調査(採水)地点を36箇所とする。また、水質分析項目は、 Ca^{2+} 等の11種の一般化学組成、Al等の5種の微量元素、同位体、元素の酸素同位体比である。このほかに、電気伝導度も測定する。これらの水質の分析結果から未開発地域(森林地帯)が農耕地や住宅地に変わった場合、水質がどのように変化するかを推定することが可能となる。

(2) 流量観測

流量観測する場所は、水の採水地点にそって水質調査と同時に流量測定を行い、測定地点は19箇所とする。この結果と水質濃度より、物質収支の計算を行う。尚、水質調査および流量観測の地点は後出の図-12に併記した。

5. 観測結果

(1) 物質収支

平成9年2月に観測した水質の各種のイオン濃と流量観測で得られた流量により、石川本流と佐川の合流点での物質収支の結果を図-7に示す。より物質収支の実測値と計算値とがほぼ一致し、好な結果が得られ、溶存イオンによりほぼ物質収支が計られた。

(2) pH及び HCO_3^- (イオン)

図-8、9に各調査地点のpHと HCO_3^- の平成9年2月と平成9年7月の結果を示す。pHと HCO_3^- の間にはpHが大きくなると HCO_3^- の濃度小さくなり、逆にpHが小さくなると HCO_3^- の濃度は大きくなる。図を見ても明らかにこの傾向がられる。pHは、どの地点でも標準の値を示すが早川下流のY9、10地点ではアルカリ性が強い。

(3) 流量

図-10に流量観測の結果を示す。グラフより平成9年2月に比べ平成9年7月は、流量が少なくなっていることが判る。しかし、2月と7月の降水量は2月は36mm、7月は220mmとなっている。これは、調査期間(平成9年7月23~24日、その時の日雨量は0mm)後に台風が来た影響も考えられ特に石川下流と佐備川下流で流量の変動が大きい。

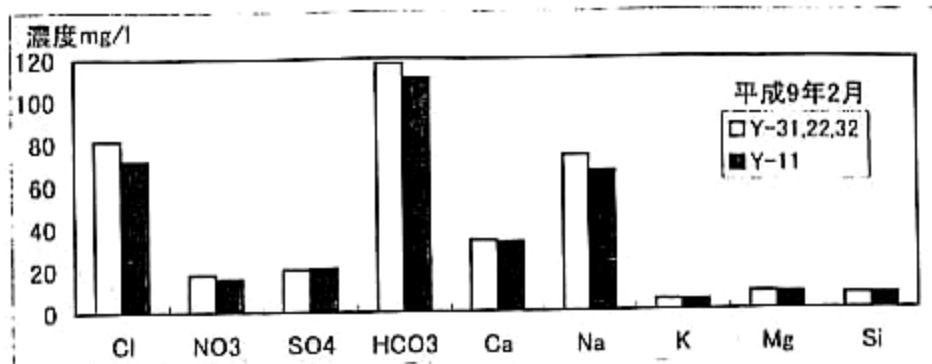


図-7 各成分物質収支図

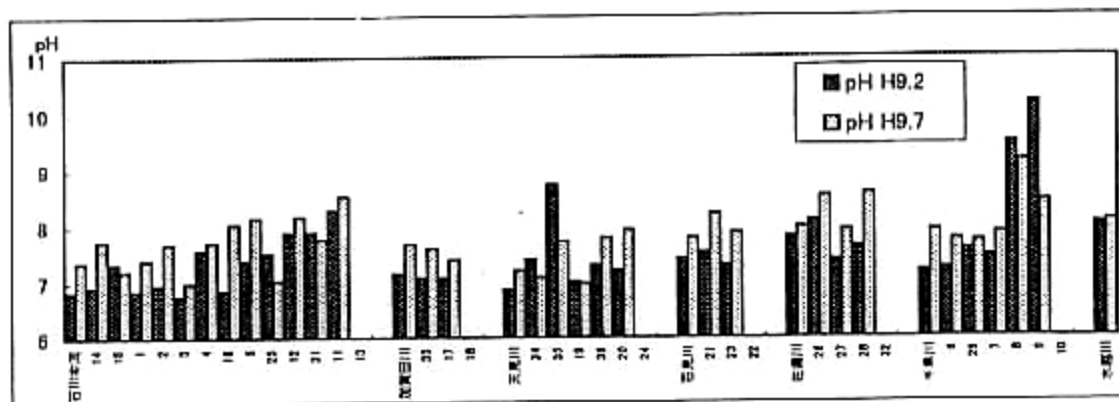


図-8 各地点のpH値

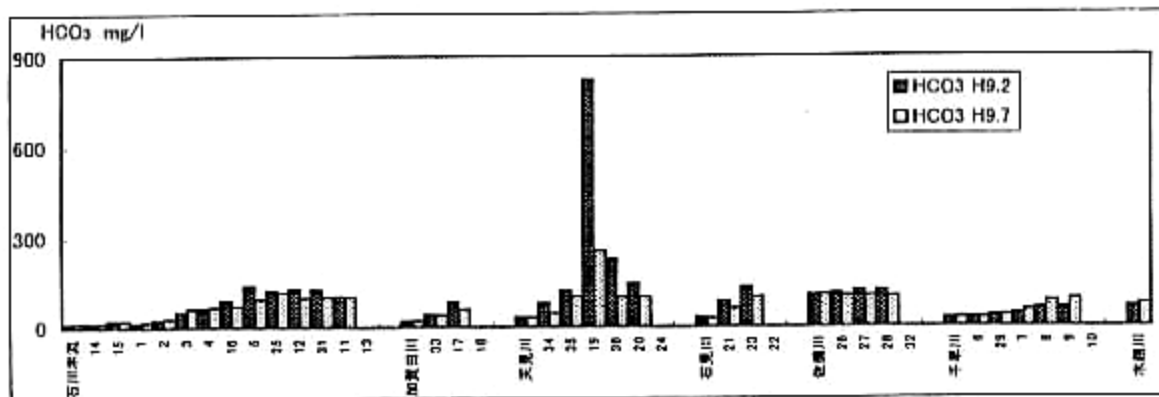


図-9 各地点のHCO₃値

天見川流域の流量は2月、7月と変動はなく石川に合流している。しかし、合流後、石川下流の流量は変動が激しい。これは、灌漑期での農業用水の取水の影響が考えられる。しかし、この流量に関しては、更に、観測や過去の水文資料を調べて検討していく必要がある。

(4) 電気伝導度

図-11に電気伝導度の測定結果(平成9年2月と7月)を示す。電気伝導度は溶存成分が増加するに連れて増加する。一般に雨水には溶存成分が少ないので、生活、工業、農業排水等の影響を受けると、上流から下流へと溶存成分は増加する。住宅地の少

ない千早川は石川合流まで石川の他の支流に比べて電気伝導度は小さく、人為的な汚染が一番小さいと感じられる。このことは土地利用と一致している。住宅地が密集する河内長野市周辺を流れる天見川、加賀田川、石川本流は、下流ほど電気伝導度の増加が見られる。特に、平成9年の2月のY36地点では、電気伝導度は異常に高い。7月には、下がっているものの、それでも他の地点に比べると高い。これが、下流の電気伝導度に大きな影響を与えている。佐備川流域では、上流部から電気伝導度が高いのは、最上部にある小吹台団地や工場による影響が考えられる。平成9年の2月と7月の電気伝導度を比べると全体的に夏季の方が電気伝導度は低い、千早川

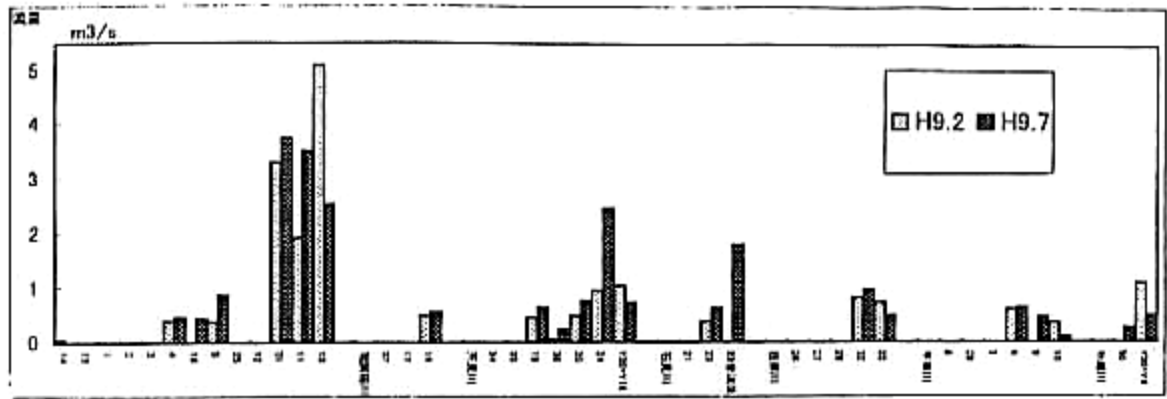


図-10 各地点の流量観測結果

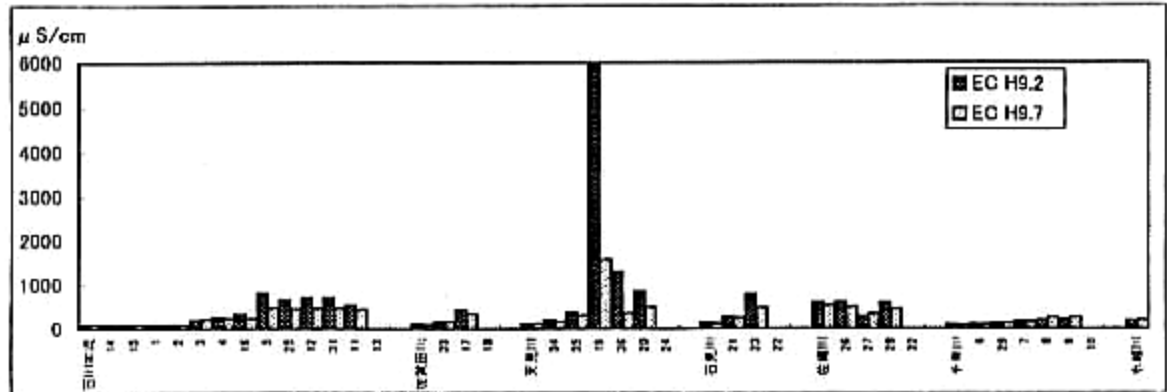


図-11 各地点の電気伝導度



図-12 酸素同位体比 $\delta^{18}\text{O}$ の分布及びクラスター分析結果

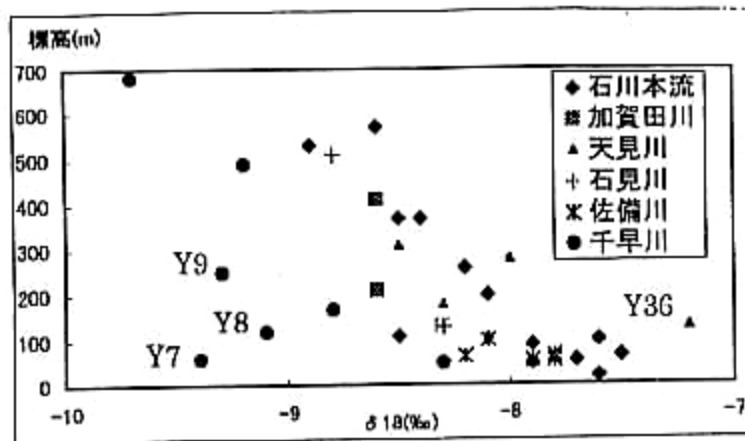


図-13 河川水の酸素同位体標高分布

流域では、僅かだがそれが逆転している。石川流域のどの河川の上流でも電気伝導度は、一般の河川の上流部よりも高い。一般の河川の上流部では、約30~50 μ S/cmであるが、この河川の上流部で100 μ S/cm以上ある。Y22地点では電気伝導度が高い値を示す水が石川に流れている。なお、ECの計測時間に対する変動は、上流部では自然河川に近いので、あまり変化しないが、中、下流域では、生活廃水等の影響で変動すると思われるが、本研究の目的としては、上流部から下流部にかけてECの変化を検討している。

(5) 酸素同位対比($\delta^{18}O$)

図-12に $\delta^{18}O$ の分布図を示す。降雨の酸素同位体比は、一般に降下地点の標高と関係があり、標高が高いほど同位体比は小さくなる(高度効果)。どの河川でも下流に行くほど同位体比は大きくなっており、下流になるにつれて標高の低い地点の雨水が混入したことが判る。Y-36の同位体比は同じ標高の周囲の値よりも高い。図中にクラスター分析の結果も示している。図-12から、A~Gの7段階に分類され、図中に示すようなグループに分けられる。次に、高度効果を見るための標高と $\delta^{18}O$ の関係を図-13に示す。Y36と千早川のY7, 8, 9を除くと、標高が低くなるにつれて同位体比は大きくなる。また、千早川のY7, 8, 9は同じ標高の周囲の同位体比よりも低い。これは千早川では、上流の水の割合が下流でも多い可能性がある。一方、Y36では、この地域の河川水以外の水が混入しているものと考えられる。Y10で酸素同位体比が高いのは石川本流の同位体比が高い水の影響と考えられる。

6. おわりに

大和川の支流である石川流域の水循環経路を水質調査、流量観測及び水文資料などにより解析・検討を行った。本研究では、マクロ的にみた河川水の動きを把握したが、今後は、今回の結果に基づいて、更に調査・検討・解析を加えてこの流域の水循環モ

デルを開発し、この流域の水循環系を明らかにしたい。尚、この研究は、土木学会水理委員会河川懇談会による課題「物質トレーサによる水循環調査の新たな手法の開発」の初年度の研究報告である。

謝辞：最後に調査・観測にご協力をして頂いた関係諸氏に感謝の意を表したい。

参考文献

- 1) 石川流域滝畑地点雨量データ：建設省大和川工事事務所 1997, 1月
- 2) 石川流域道明寺地点流量データ：建設省大和川工事事務所 1997, 1月
- 3) 大和川水質汚染防止連絡協議会事務局：大和川の水質現状について 1996, 8月
- 4) 大阪府土木部：石川あすかプラン-石川環境整備全体計画 1986
- 5) 山本荘毅：日本の地下水391, 泉南地方の地下水, 「水」1996
- 6) 山本荘毅：日本の地下水388, 金剛山地および周辺山地, 「水」1996
- 7) 大阪府環境保健部環境衛生課：平成6年度大阪府の水道の現状 1996
- 8) 大阪清流ルネッサンス21協議会事務局：「大阪清流ルネッサンス21」の実施状況について, 14-15 1986
- 9) 大阪府清流ルネッサンス21協議会：大和川水系水環境改善緊急行動計画 1994
- 10) 山口恵一郎編：日本図示体系-近畿I, 朝倉書店, 92-105 1975
- 11) 国立天文台：理科年表, 丸善 1993
- 12) 近藤純正：水環境の気象学, 朝倉書店, 26-27 1994

(1997. 9. 30受付)