

モンゴル・ヘルレン川流域における河川水と地下水の交流関係

筑波大学大学院生命環境科学研究科
 熊本大学理学部
 長岡技術科学大学大学院工学研究科

辻村真貴・安部 豊・田中 正
 嶋田 純・樋口 覚
 上米良秀行

1. はじめに

乾燥・半乾燥地域における内陸河川は、流下にもない水面からの蒸発と地下水への涵養により、徐々に流量を減じていくことが一般に言われている。従来こうした河川と地下水の交流関係は、流下に伴う河川流量の変化という見かけの傾向から指摘されることが多く、実証的な検討はなされてこなかった。本研究では、モンゴル東部ヘルレン川の上流部から中流部に至る本流とその流域を対象に、安定同位体トレーサーを用いた物質収支解析に基づき、河川水と地下水との交流関係を検討した。

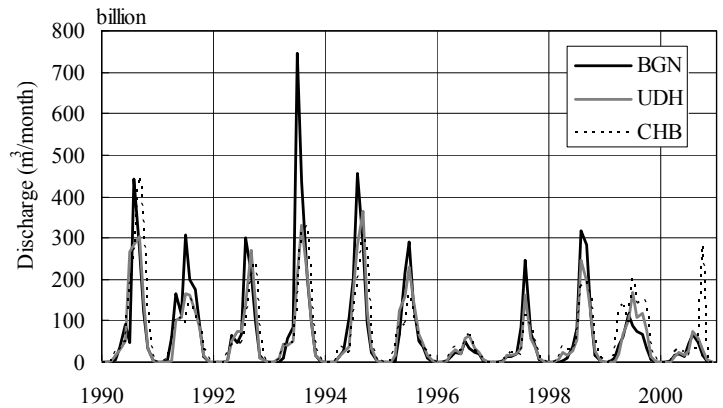
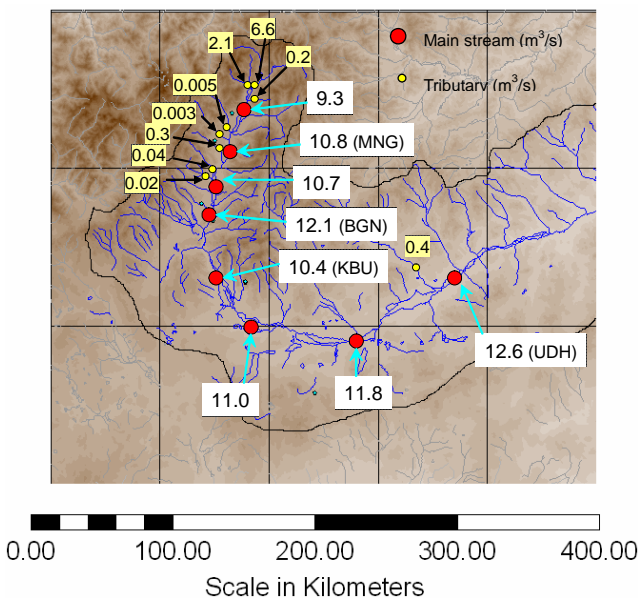


図2. ヘルレン川 BGN (上流), UDH (中流), CHB (下流) における月平均流量の変化。

図1. モンゴル・ヘルレン川流域の概要。図中の数値は、2004年6月9日～14日における流量観測の結果を示す。

km を流れるヘルレン川の上流, Mongonmorit (MNG; 標高 1484 m) から中流の都市 Underhaan (UDH; 標高 985 m) までのおよそ 300 km の本流とその周辺地域である (図1)。上流は森林植生からなる山岳地域であり年降水量は 200 mm 程度を示し, 中下流はおもに草原からなり年降水量は 100 ~ 150 mm 程度である。上流の Baganuur (BGN), 中流の UDH, 下流の Choybarsan (CHB) における 1990 ~ 2000 年の月平均流量の変化を図2に示した。年ごとの変動が顕著ではあるが, 流下に伴い若干の流量減少がみられる。

2003年の6月から10月にかけて, 対象地域において降水, 地下水, 河川水, 湧水等に関する現地調査, サンプリングを行い, 採取サンプルに関し無機成分, 水素・酸素安定同位体比分析を行った。また2004年6月の湧水時期を対象に, MNG 北部から

2. 対象地域および研究方法

研究対象は, モンゴル首都ウランバートルの東方約 120

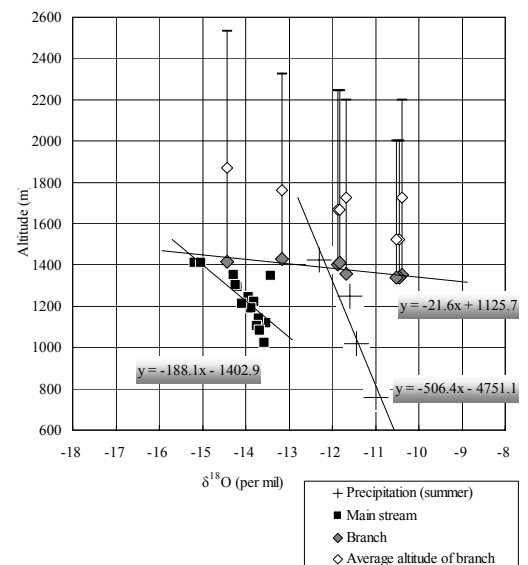


図3. 降水, 河川水, 地下水における $\delta^{18}\text{O}$ の標高分布。

UDH に至る本流と流入支流すべてに関し流量観測を実施し、併せて水サンプリングを行った。

3. 結果および考察

対象流域の降水、河川水（本流・支流）における $\delta^{18}\text{O}$ の標高分布を図3に示した。降水の $\delta^{18}\text{O}$ は-11.0から-12.3‰を示すのに対し、河川本流のそれは-13.6から-15.2‰と顕著に低い値を示した。このことは本流の河川水が、サンプリング対象地域よりもかなり上流の降水によって形成されていることを示唆している。降水の $\delta^{18}\text{O}$ における高度効果と河川水の蒸発の影響を考慮すると、ヘルレン川本流河川水の涵養標高は、1750 m から 2500 m と推定され、当河川水は最上流部においてもたらされた降水により形成されているものと思われる。

図4に、MNG から UDH に至る本流河川の流下に伴う $\delta^{18}\text{O}$ と d-excess の変化を示した。流下に伴い、 $\delta^{18}\text{O}$ は上昇し

d-excess は低下することから、本流河川水は水面蒸発の影響を少なからず受けているものと考えられる。

ここで安定同位体をトレーサーに用い、河川と周辺地下水との交流関係を定量的に検討する。図5に示すように、河川本流の任意の2地点間において以下の水・同位体収支式が成り立つ。

$$Q_{in} - E + G_{in} + q_{in} = Q_{out} \quad (1)$$

$$Q_{in} \delta_{in} - E \delta_v + G_{in} \delta_g + q_{in} \delta_{qin} = Q_{out} \delta_{out} \quad (2)$$

ここで、 δ_{in} ：区間流入水の同位体比、 δ_v ：蒸発水蒸気の同位体比、 δ_g ：周辺地下水の同位体比、 δ_{out} ：区間流出水の同位体比、 δ_{qin} ：支流の同位体比である。上流部のMNGからBGNの区間(58 km)と、中流部のBGNからUDHの区間(247 km)を対象に、水面蒸発と河川-地下水交流量の算定を行った。水面からの蒸発水蒸気の同位体比は、Craig and Gordon (1964)により求めた。計算に用いた諸量を表1にまとめた。その結果、上流、中流いずれの区間でも河川-地下水交流量は正值を示し、河川に対する地下水の流出が生じていることが示唆された。上流区間(MNG→BGN)において $1.0 \text{ m}^3/\text{s}$ ($1.7 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}$)、中流区間(BGN→UDH)において $2.6 \text{ m}^3/\text{s}$ ($1.1 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}$)の地下水流入量は、水面蒸発量を上回り、また河川流量の10%から20%に相当し、無視し得ない量である。一方で、地下水および河川水における水質特性の空間分布などから、地下水と河川水との交流が生ずる範囲は、河道からおよそ2 km から 10 km 程度の範囲に限られることが示唆される。これらのことからヘルレン川流域においては、河道近傍の氾濫原範囲内で河川流量の10%から20%相当の地下水流入が生じていることが示された。

キーワード：河川水-地下水交流、水・同位体収支、乾燥・半乾燥地域、ヘルレン川

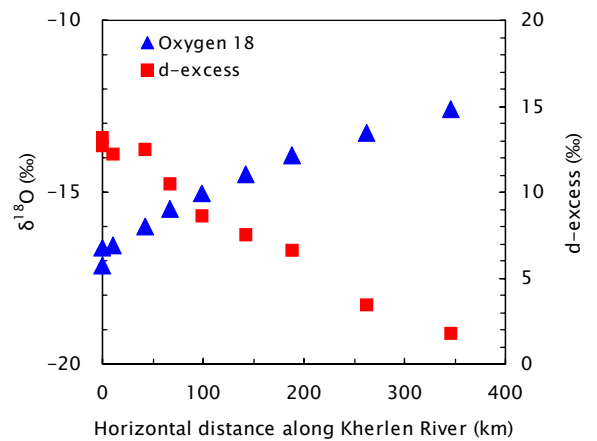


図4. ヘルレン川本流の流下にともなう河川水の $\delta^{18}\text{O}$ およびd-excess変化。

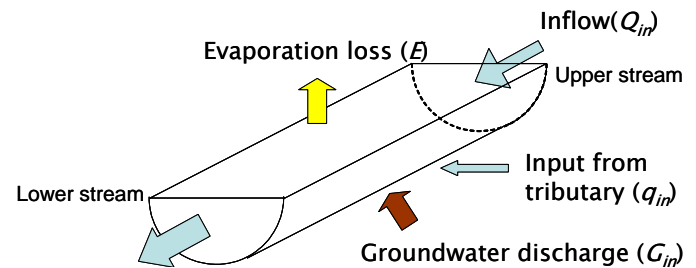


図5. 任意の2地点区間における水・同位体収支モデルの概念図。

表1. 水・同位体収支解析に用いたデータ諸元。

Mongonmorit Baganuur	Baganuur Underhaan
- Elevation: 1390 to 1290 m	- Elevation: 1290 to 1020 m
- Horizontal dist.: 58 km	- Horizontal dist.: 247 km
- Q_{in} : $10.8 \text{ m}^3/\text{s}$	- Q_{in} : $12.1 \text{ m}^3/\text{s}$
- Q_{out} : $12.1 \text{ m}^3/\text{s}$	- Q_{out} : $12.6 \text{ m}^3/\text{s}$
- δ_{in} : -16.0 ‰	- δ_{in} : -15.0 ‰
- δ_{out} : -15.0 ‰	- δ_{out} : -12.6 ‰
- δ_g : -11.2 ‰	- δ_g : -12.9 ‰
- δ_v : -29.0 ‰	- δ_v : -24.6 ‰
- δ_{qin} : -11.4, -10.2, -9.3 ‰	- δ_{qin} : -11.5 ‰
- q_{in} : 0.003, 0.04, 0.02 m^3/s	- q_{in} : 0.4 m^3/s