

# 安定同位体比及び放射性同位体からみた釧路湿原内湧水の起源 Groundwater source of distributed springs in Kushiro Wetland estimated from stable isotope ratios and radioisotope

土原 健雄\*, 井伊 博行\*\*, 石田 聡\*, 今泉 眞之\*  
TSUCHIHARA Takeo, IHIroyuki, ISHIDA Satoshi and IMAIZUMI Masayuki

## 1. はじめに

釧路湿原では寒候期の降雪・結氷といった特異な水文環境下で生態系が構成されており、湿原内の水温や水質の安定に寄与する地下水（特に湧水）の影響が大きいといえる。湿原を流れるチルワツナイ川流域には多数の湧水（噴火口型・噴砂丘型湧水）が存在し、それらは地表水とは異なる水質を有することがこれまでの水質及び放射性同位体を用いた調査で明らかとなってきた。本研究では、湿原内に湧出する湧水の保全に資するという観点から、水素・酸素の安定同位体比及び放射性同位体であるトリチウム（ $^3\text{H}$ ）を指標として用い、それら湧水の涵養域の推定を行った。

## 2. 方法

### (1) 水素・酸素安定同位体比

酸素及び水素の安定同位体は、これらが水分子そのものであること、大気中と比して地下では変化しにくことなどの特性から、水循環・地下水流動プロセスのトレーサーとして利用されている。酸素・水素の安定同位体の存在率は非常に小さいため、測定値は、標準海水（Standard Mean Ocean Water, SMOW）の同位体比からの千分率偏差（‰，パーミル）で表す。

$$(\text{‰}) = [(R_{\text{sample}}/R_{\text{SMOW}}) - 1] \times 1000 \quad (1)$$

ここで、R は  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ , D/H である。

採水地点は、湿原に流入する河川及びその支流において 63 点、湧水、既存井戸を含む地下水 6 点の計 69 点である（Fig.1）。またチルワツナイ川において湧水及び河川水 95 点の採水を行った。分析は質量分析計により行った。

### (2) トリチウム（ $^3\text{H}$ ）

トリチウムは、大気中での熱核爆発実験の結果、降水中のトリチウム濃度は急激に増加し、北半球では 1963 年にピークに達した後、大気中での核実験の中止とともに、トリチウム濃度は指数関数的に減少する。地下に浸透した降水は、新たにトリチウムが加わることがなく、半減期に従い減衰するため、古い水ほどトリチウム濃度は小さい。この特性を利用し、地下水の年代や流速を推定する研究や涵養に関する研究等が行われている。本研究では、湿原内の湧水及び湿原下の地下水のトリチウム濃度を測定し、涵養された年代の推定を行う。

トリチウム濃度は、湿原内の湧水（噴火口型湧水）、湿原内の観測孔より採水した地下水について分析を行った。分析は液体シンチレーションカウンタにより行った。

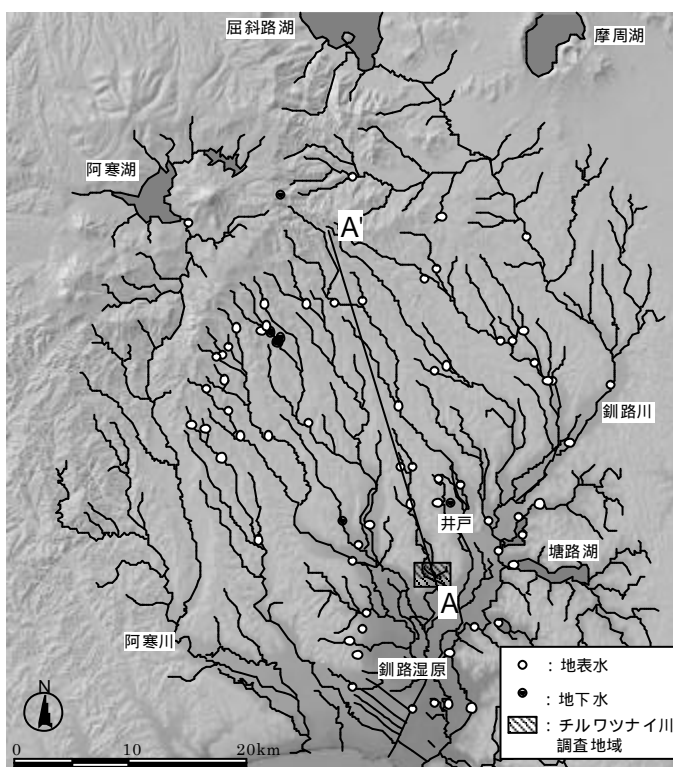


Fig.1 調査地位置図  
Location map of study site

\* 農村工学研究所 National Institute for Rural Engineering

\*\* 和歌山大学 Wakayama University

キーワード：安定同位体比，放射性同位体，釧路湿原，湧水，涵養域

### 3. 結果

#### (1) 安定同位体比からみた湿原内湧水の涵養域

釧路湿原に流入する各河川で採水した地表水は異なる  $D$  及び  $^{18}O$  値を持っており、それぞれ標高が高い地点ほど同位体比は小さい。これは、降水の  $D$  及び  $^{18}O$  値に高度効果が作用し、各河川の集水域の平均高度が異なっていることに起因する。採水地点より上流の集水域の平均高度(標高, m)と各安定同位体比より、本地域における高度効果は  $D$ :  $-1.37\text{‰}/100\text{m}$ ,  $^{18}O$ :  $-0.234\text{‰}/100\text{m}$  と推定される。

この関係を用いることにより、チルワツナイ川流域の地表水、湧水の涵養域の推定が可能である (Table 1)。湿原内河川水や地山湧水(湿原を取り囲む台地の下端の湧水)は同位体比が大きく、推定される涵養域の標高は低い。一方、湿原内の湧水(噴砂丘型及び噴火口型湧水)は同位体比が小さく、推定される涵養域標高は高く、それらは地形区分によるチルワツナイ川の流域よりも上流側に位置する。Fig.2 はチルワツナイ川流域を含む広域の地形断面図を示しており、湿原内の湧水は広域流動系の地下水が流出することにより形成されていると考えられる。

#### (2) トリチウムによる滞留時間の推定

チルワツナイ川流域に設置した地下水位観測孔では、深度が大きいほどトリチウム濃度が低く、深度 10m では 0.2T.U.と低い値を示す。噴火口型湧水もまた 0.2T.U.と低い値を示した。ここで T.U.はトリチウム濃度を表す単位である。Fig.3 に東京及びつくばの降水中のトリチウム濃度を示す。降水中のトリチウム濃度は 1960 年代にピークを迎え、現在ではほぼ自然発生レベル(5 ~ 10T.U.)に戻っている。しかしながら、湿原下の地下水及び噴火口型湧水のトリチウム濃度は自然発生レベルよりも小さい。トリチウム濃度は半減期(12.43 年)により指数関数的に減少するため、2005 年時点で 0.2T.U.(噴火口型湧水)の値をとる場合、Fig.3 中に示す減衰曲線に従わねばならない。これより、噴火口型湧水に流出する地下水は、50 年以上前に涵養された降水が循環し流出したものと考えられる。

### 4. おわりに

安定同位体比、放射性同位体より、釧路湿原内チルワツナイ川流域の湧水を形成する地下水は、地形区分による流域より上流域に涵養域を持つこと、またそれら湧水は、50 年以上前の降水が浸透し、循環してきたものであることが示された。以上の結果より、釧路湿原の湧水の水文環境を考える場合には、広域流動系の地下水を考慮する必要があることが明らかとなった。

Table1 チルワツナイ川流域の地表水、地下水の涵養域標高

Estimated altitude of recharge areas of surface water and groundwater in Chiruwatsunai River watershed

	安定同位体比(‰)		涵養域標高(m)
	dD	d <sup>18</sup> O	
湿原内河川	dD	-61.05	76.95
	d <sup>18</sup> O	-9.53	123.66
地山湧水	dD	-61.47	94.53
	d <sup>18</sup> O	-9.61	149.44
噴砂丘型湧水	dD	-63.48	177.78
	d <sup>18</sup> O	-9.86	223.68
噴火口型湧水	dD	-64.26	210.24
	d <sup>18</sup> O	-9.98	258.90
井戸	dD	-65.43	258.73
	d <sup>18</sup> O	-10.08	288.38

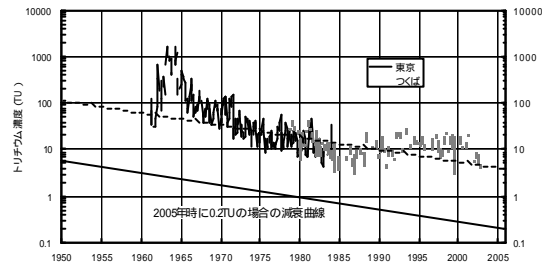


Fig.3 降水中のトリチウム濃度及び噴火口型湧水のトリチウム濃度の減衰曲線

<sup>3</sup>H concentration of precipitation and spring of crater type, and decay curve of H

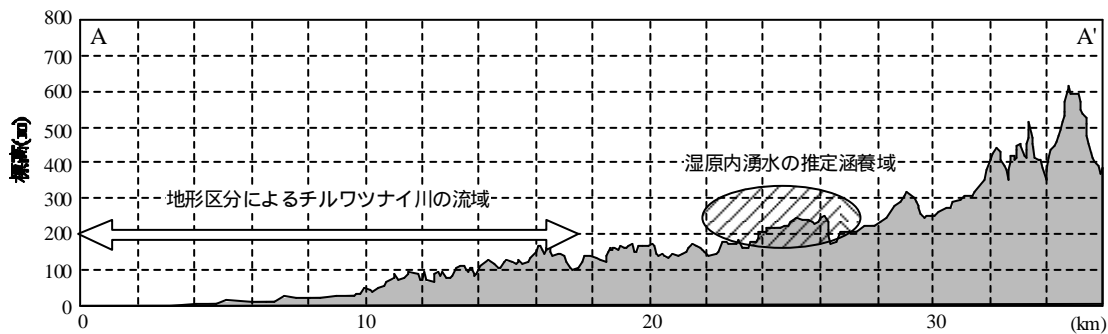


Fig.2 AA'断面及び湿原内湧水の推定涵養域

Cross-section of AA' and the hypothetical recharge area of springs in Chiruwatsunai River watershed