

## ボリビア Tuni 貯水地集水域における流出特性と気象条件の関係

日本大学工学部 学生会員 ○久保田 泰成

日本大学工学部 正会員 朝岡 良浩

サンアンドレス大学 水理・水文研究所 非会員 Javier Mendoza

## 1. はじめに

ボリビア多民族国は、亜熱帯気候に属する内陸国である。首都ラパスと隣接するエル・アルト市の年間降水量は500mmと少なく、水資源の多くを熱帯氷河の融解水で補っている。しかし近年、地球温暖化による氷河減少や、エル・アルト市での人口増加による水需要が増加している。在ボリビア日本国大使館の報告によると、2016年11月21日に渇水による水不足にかかる緊急事態宣言が発令され、数日間の断水が続く地域も報告された<sup>1)</sup>。そのため、今後の水資源の利用・運用方法を見直す必要もあると考えられる。

本研究は、現地の気象観測点、流量観測点から得た気象データ、流量データに基づいて流出率と各年の気象変化の関係を評価した。また、2016年11月の渇水の要因について分析した。

## 2. 対象地域

図-1に対象地域のTuni貯水地を示す。ラパス市から北西30kmに位置し、首都ラパス市、エル・アルト市の浄水場へ1m<sup>3</sup>/s送水しており、首都圏の水需要の約3割を供給している。北西からコンドリリ集水域、トゥニ集水域、ワイナポトシ集水域となる。集水域上流部には熱帯氷河が連なっており、Tuni貯水地に自然流入している。また、雨季には導水管を通りコンドリリの河川水とワイナポトシの河川水がTuni貯水地に流入する。流域面積は、コンドリリ集水域19.1km<sup>2</sup>、トゥニ集水域11.9km<sup>2</sup>、ワイナポトシ集水域46.8km<sup>2</sup>である。既往の研究<sup>2)</sup>で氷河モニタリングが行われており、2016年の氷河面積は、コンドリリ氷河1.4km<sup>2</sup>、トゥニ氷河0.7km<sup>2</sup>、ワイナポトシ氷河1.8km<sup>2</sup>となる。

## 3. 研究手法

流出率を用い流出特性を評価した。流出率を(1)式に示す。

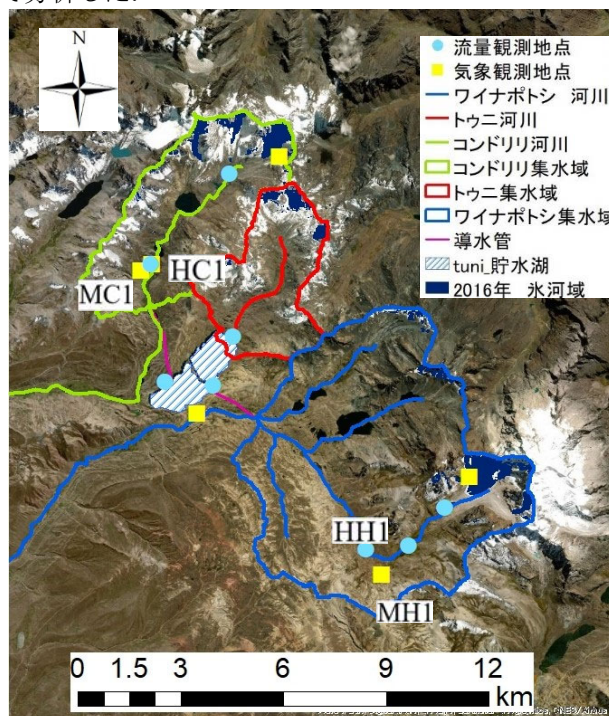


図-1 Tuni貯水地集水域

$$\text{流出率(\%)} = \frac{\text{流出量(m}^3\text{)}}{\text{降水量(m)} \times \text{流域面積(m}^2\text{)}} \times 100 \quad (1)$$

対象期間を2011年から2018年までの9月1日からデータ欠損がない2018年2月15日までの約170日の期間とした。対象地域に設置したコンドリリ集水域の気象観測点MC1および流量観測点HC1、ワイナポトシ集水域の気象観測点MH1および流量観測点HH1から得た10分間隔のデータを日平均、日累積に整備して使用した。気象観測点からは気温、降水量を使用し、流量観測点は、絶対圧で計測しているため水位に変換し、現地で作成した水位流量曲線から流量を算出した。ワイナポトシの気象観測点、流量観測点はデータの欠損が多いため、2012-2013年、2014年から2017年の観測データのみを評価対象とした。本研究で使用する流域面積は、コンドリリ流量観測点HC1、ワイナポトシ流量観測点HH1からの集水域であり、流域面積はコンドリリで14.5km<sup>2</sup>、ワイナポトシで9.1km<sup>2</sup>である。水文年の開始を9月1日とした。

キーワード 水文・気象観測, 流出率, 熱帯氷河, コンドリリ集水域, ワイナポトシ集水域

連絡先 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定中河原 1 日本大学工学部土木工学科 TEL 024-956-8732

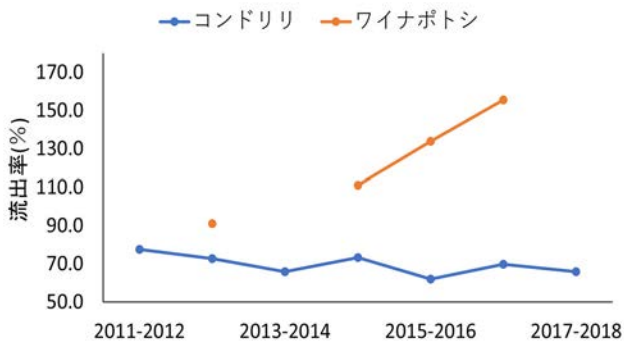


図-2 年別コンドリリ、ワイナポトシ観測点の流出

#### 4. 結果及び考察

図-2に2011年から2018年までの9月1日から2月15日の流出率を示す。表-1に年別のコンドリリ観測点、ワイナポトシ観測点の積算気温、累積降水量を示す。コンドリリ観測点の流出率の最大値は、2011-2012年の77.5%となり、最小値が2015-2016年の61.9%となった。ワイナポトシ観測点の流出率は最大値2016-2017年の155.6%、最小値2012-2013年の91.1%となり、流出率を100%を超える年が2014年から2017年となった。図-2、表-1の結果から、コンドリリ観測点は積算気温の増加による流出率への影響が小さいことが分かる。渇水が発生した2016-2017年の累積降水量は他の年と比べ、極めて少ないことが分かる。ワイナポトシ観測点の積算気温は年々増加傾向にあり、2015-2016年と2016-2017年の累積降水量は他の年に比べ降水量は少ないが流出率は増加した。原因として、降水の寄与が小さく、相対的に氷河融解水の寄与が大きくなったことが要因として考えられる。

2016年11月の渇水の要因の分析として、図-3から流量が0.2 m<sup>3</sup>/s、0.4 m<sup>3</sup>/s、0.6 m<sup>3</sup>/s、0.8 m<sup>3</sup>/sに達した日を示す。結果12月8日、1月7日、1月25日、1月26日となり、図-4に年別累積流量を示す。2016-2017年は累積流量が最も少なく、最も累積流量が多い2014-2015年と比較すると、12月8日で46%、1月7日で51%、1月25日で54%、1月26日で55%となり、雨季の到来が遅れていることを減少率からも確認できる。

#### 5. まとめ

本研究は、現地の気象観測点、流量観測点のデータから流出率と気象条件の関係および2016年11月の渇水の要因を分析・評価した。今後は、現地観測データから流出モデルを用いて、降雨と氷河融解の寄与を定期的に評価する必要がある。

#### 謝辞

本研究の一部はJSPS科研費（20K04712、代表：朝岡良浩）およびJSPS二国間交流事業の支援により実施された。ここに謝意を示す。

#### 参考文献

- 1) 在ボリビア日本国大使館：[https://www.bo.emb-japan.go.jp/itpr\\_ja/ryojimail20161128.html](https://www.bo.emb-japan.go.jp/itpr_ja/ryojimail20161128.html)
- 2) 小島直樹・朝岡良浩・Pablo Fuchs (2020): ボリビア熱帯氷河の長期変動と人工衛星を用いた高解像度モニタリング, 令和元年度土木学会東北支部技術研究発表会 講演概要集, II-53.

表-1 観測点の積算気温・累積降水量

	コンドリリ		ワイナポトシ	
	積算気温 (°C)	累積降水量 (mm)	積算気温 (°C)	累積降水量 (mm)
2011-2012	808.7	407.0	-	-
2012-2013	854.3	436.8	585.5	351.6
2013-2014	839.4	494.6	-	-
2014-2015	848.5	467.6	569.7	347.8
2015-2016	899.3	375.0	660.7	248.0
2016-2017	884.9	301.4	653.1	242.4
2017-2018	860.4	377.8	-	-

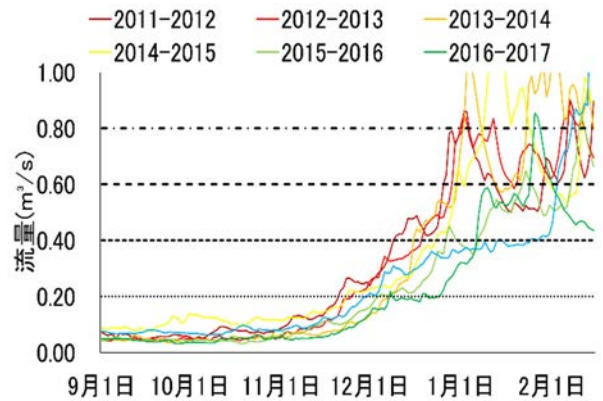


図-3 9月1日から2月15日の流量比較

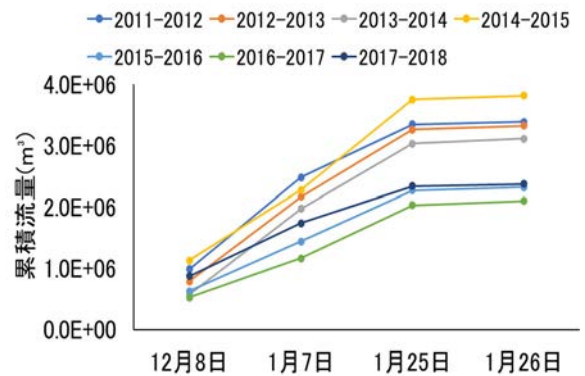


図-4 累積流量