

第7回西別川流域コンサート: 2002摩周 水環境フォーラム 基調講演



摩周湖と周辺湧水の関係

－ 摩周・伏流水の謎にせまる！ －

2002年5月11日

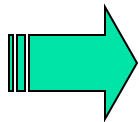
内田 豊

(日本大学文理学部応用地学科卒業生)



1. 摩周湖の珍しい特徴

- 透明度世界一（41.6m 1931年）
- 環境汚染が極めて少ない
 - 国立環境研究所の報告（1984年）
 - 水に含まれる**主要成分の濃度が極めて低い**
 - **主要成分以外の濃度は世界に例が無いほど低い**
 - 主要成分は全深度にわたって一定の濃度
 - 長年にわたり、**水質の変化が無い**

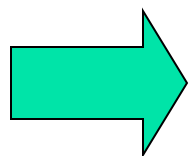


国立環境研究所が「**人為的影響を受けていない湖として世界有数の研究対象**」と指定するほど、摩周湖はきれいな湖である



2. 摩周湖の概要

湖面標高	351m
湖岸線の長さ	20km
最大深度	212m
表面積	19.6km ²
集水面積	32.4km ²

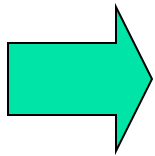


湖面が集水域の60%も占める広さ

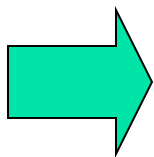


3. 摩周湖の水位

- 水位変化がほとんどなく、いつでも一定
- 流れ込む川も、流れ出ていく川も無い



流れ出ていく川が無いのだから、
雨が降れば水量が増えて水位は
上がるはずなのに、
なぜいつでも水位が一定なのか？



流れ込んだ水の方だけ、湖水が漏
れているのではないか？

4. 摩周湖の周りにおける湧水

- 摩周湖の周辺には多くの湧水が存在する
 - [湧水]= 地下水が地表に湧き出てきたもの
 - ★最大の湧水は“西別川” $1.5\text{m}^3/\text{秒}$
- 摩周湖の滲出水が地下を伏流して、湧水になっていると考えられている

➤ 摩周湖に落ちた熊が
西別川サケ・マスふ化
場に流れ着いた
『東蝦夷夜話』(安政3年)

■ Fig4. 摩周湖断面図

- 多孔質の熔結凝灰岩層を伏流？



5. この研究の目的

- **西別川**をはじめとする、**摩周湖**周辺の湧水は、本当に摩周湖の水なのだろうか？！



この謎を科学的
に解明しよう！



6. 謎解きのアプローチ

■ 水量によるアプローチ

- 摩周湖の水位変動量から、地下滲出水の量が推定できるのではないか
- 摩周湖の地下滲出水の変動量と、周辺湧水の変動量は一致しているのではないか

■ 水質によるアプローチ

- 摩周湖の水に含まれている成分と、周辺湧水に含まれている成分は一致しているのではないか



7.調査方法（項目）

1. 摩周湖の水位変動
2. 地下滲出水の量
3. 西別川の湧出量
4. その他周辺湧水の湧出量
5. 湧水の水質



7-1.【調査方法】摩周湖の水位変動

- 自記水位計
 - 国立環境研究所が設置(1981年)

水位計

7-2-1. 【調査方法】

地下滲出水の量(水収支)

■ 流入出河川がない湖の水収支

■ 流入水:

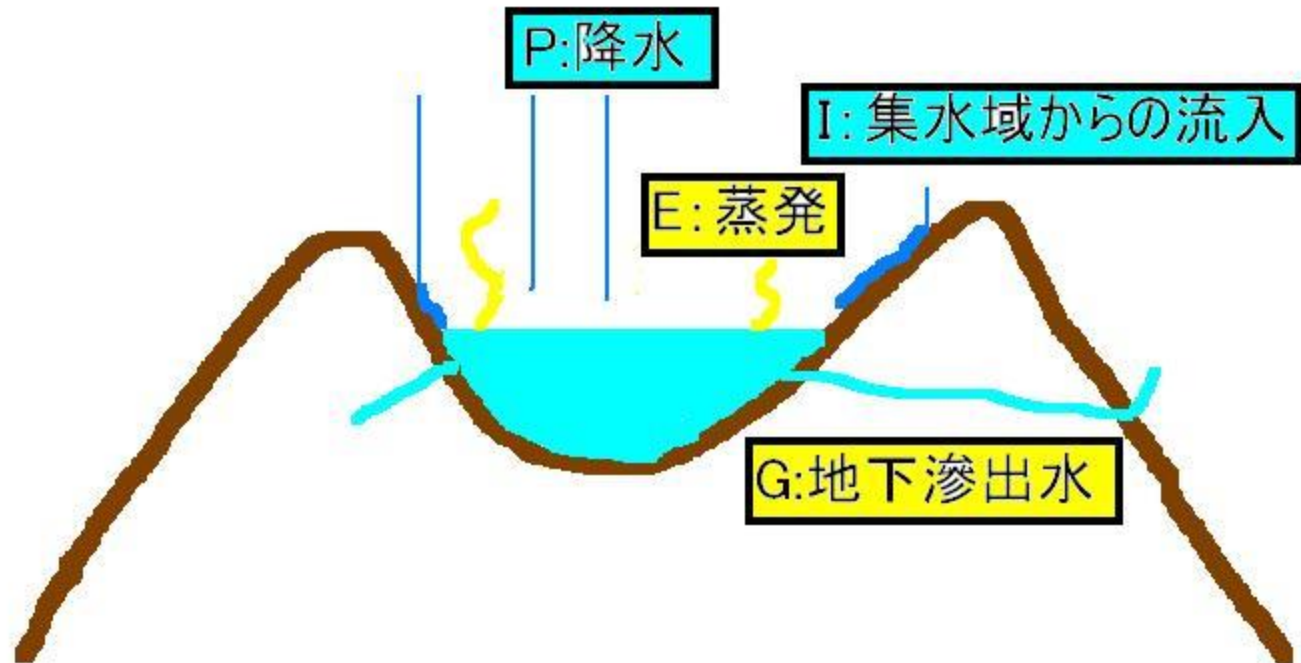
P:降水

I:集水域からの流入

■ 流出水:

E:蒸発

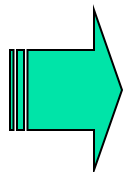
G:地下滲出水



7-2-2. 【調査方法】

地下滲出水の量(計算式)

$$\begin{aligned} & \text{水位変動量(実測値)} \\ &= \text{流入量} - \text{流出量} \\ &= \boxed{\text{P:降水}} + \boxed{\text{I:集水域からの流入}} \\ & \quad - \left(\boxed{\text{E:蒸発}} + \boxed{\text{G:地下滲出水}} \right) \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} & \boxed{\text{G:地下滲出水}} \\ &= \left(\boxed{\text{P:降水}} + \boxed{\text{I:集水域からの流入}} \right) - \boxed{\text{E:蒸発}} \\ & \quad - \text{水位変動量} \end{aligned}$$



7-3. 【調査方法】西別川の湧出量

- 源流：虹別サケ・マスふ化場 写真
 - 摩周湖の南方約9km
- 建設省（現：国土交通省）北海道開発局土木部河川課の定期観測（1972年～74年、79年～84年）
 - ふ化場から2.8km下流
標茶町虹別原野68線（観測所名：25号） 場所 写真
 - ふ化場から33km下流
野付郡別海町中西別（観測所名：中西別）

7-4. 【調査方法】

周辺湧水の湧出量

■ 湧水の場所

- 地形図で確認
- 源流の標高が摩周湖面標高351mより低い湧水
- 計21ポイント

[Fig02.湧水調査地](#)

■ 湧出量・河川の流量の簡易測定法

- 湧水 → 直接法 [写真329](#) [写真331](#)
- 小川 → 浮子法 [写真](#)
- 川 → 塩分希釈法



7-5. 【調査方法】 湧水の水質

- 現地で測定
 - 水温
 - 電気伝導度
 - pH
- 水を持ち帰って研究室で分析
 - 陽イオン(Na,K,Mg,Ca) : 原子吸光法
 - 陰イオン(Cl,SO₄,NO₂,NO₃) : イオンクロマトアナライザー
 - アルカリ度(HCO₃) : 4.3BX法



8.湧水 現地調査

- 日程:1987年8月3日～8月10日
- 調査フィールド:
 - 湧水
 - 河川の上流
 - 水産庁サケ・マスふ化場(虹別、美留和)
 - 日本ドナルドソントラウト研究所
- 文献調査
 - 摩周観光センター資料室
 - 北海道釧路開発局

[調査アルバム→](#)



9.調査結果

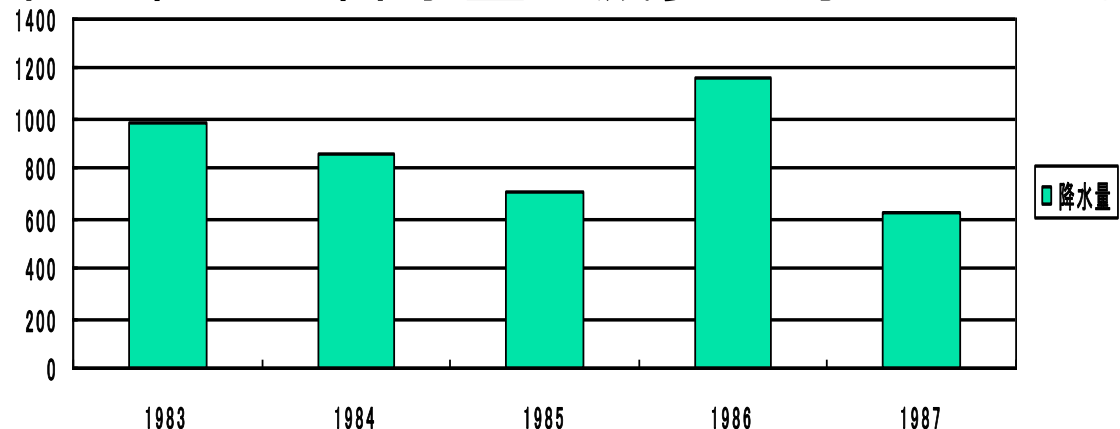
1. 水位変動
2. 地下滲出量
3. 湧水の流量
4. 湧水の水質
5. 流出量解析
6. 地下滲出水と周辺湧水の関係

9-1.水位変動

■ 水位変動

Fig.05

- 期間：1982年6月～1987年5月（5年間）
- 傾向：
 - 水位は低下を続けている（5年間で最大1.28m）
 - 水位の低下は降水量の減少に対応している





9-2-1.地下滲出量(計算値)

- 1年間(1986年6月～1987年5月)の水収支
[Fig06.Water Balance](#)
- 地下滲出量
 - 地下滲出量 = 降水量 + 集水域からの流入量
- 蒸発量 - 水位変動量 [Fig07.](#)
[地下滲出量と降水量の5年間の経月変化](#)
 - 地下滲出量と降水量はよく対応している
 - 平均 0.73m³/秒、湖面積あたり98mm/月

9-2-2. 地下滲出量 (絶対量の信頼性)

- 本当の地下滲出量は、この計算値($0.73\text{m}^3/\text{秒}$)よりも多いはず。
- 地下滲出量
 - = 降水量
 - + 集水域からの流入量
 - 蒸発量
 - 水位変動量 (実測値)

◇ 降水量、気温の観測所:
弟子屈観測所 (標高100
m)

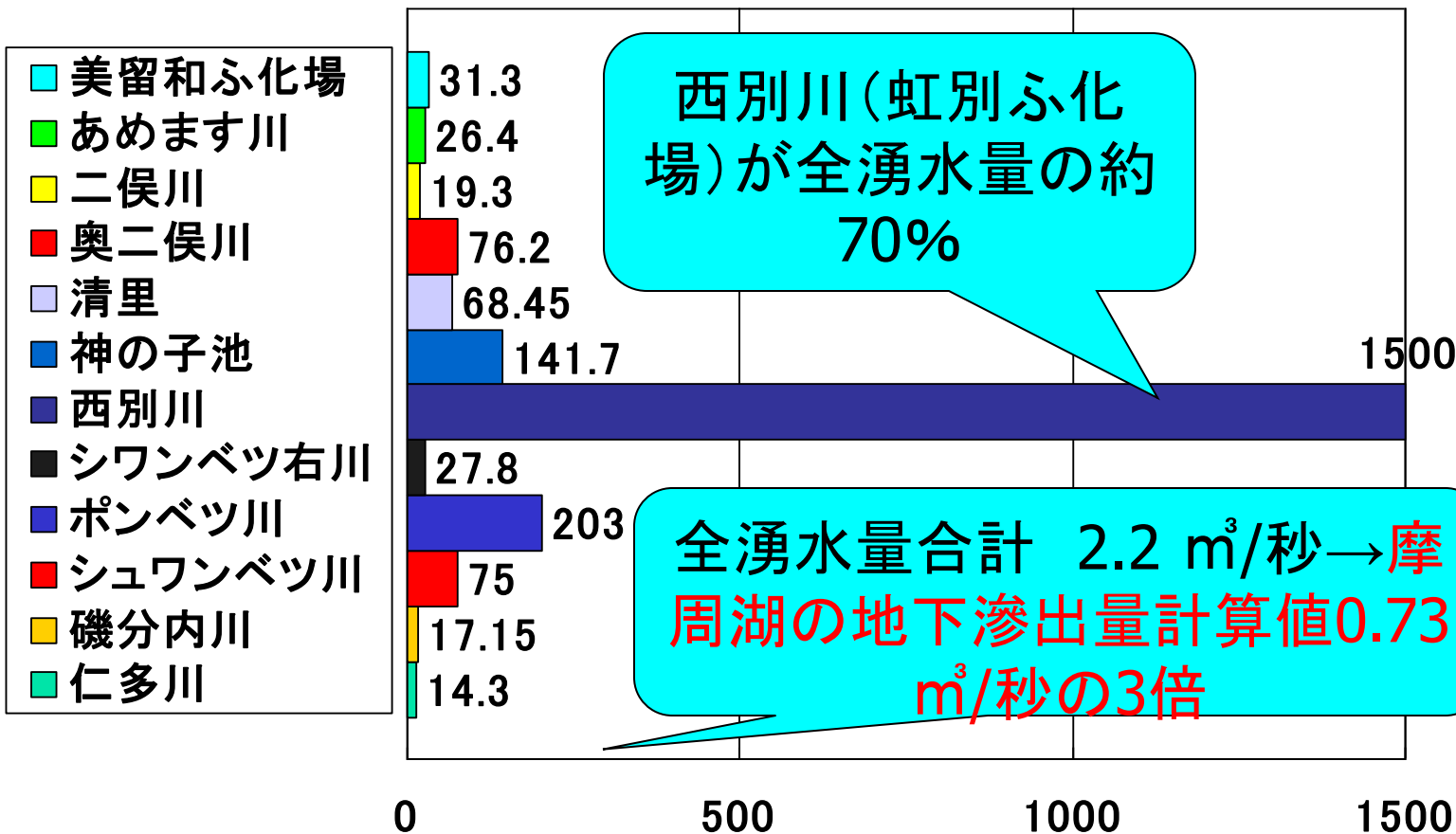
◇ 摩周湖は標高350m~
700m、弟子屈より雨は多く
気温は 2.5°C ~ 4.0°C 低い

←もっと**多い**はず

←もっと**多い**はず

←もっと**少ない**はず

9-3.湧水の流量



西別川(虹別ふ化場)が全湧水量の約70%

全湧水量合計 2.2 m³/秒 → 摩周湖の地下滲出量計算値0.73 m³/秒の3倍

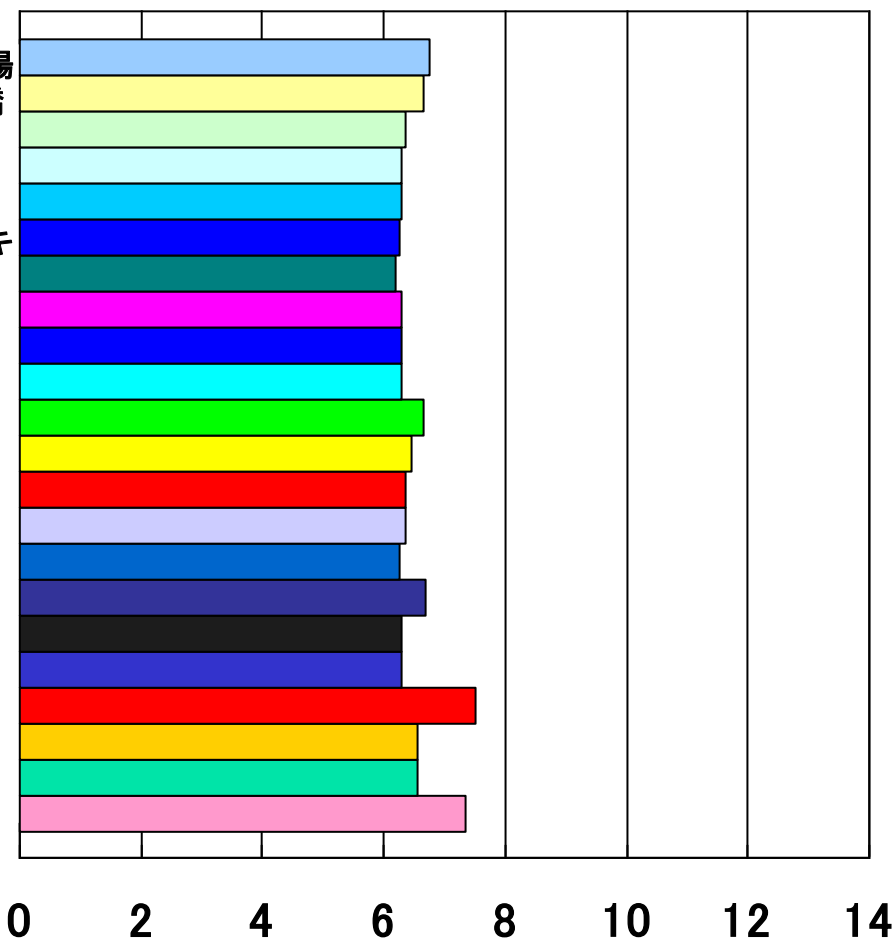
<単位:ℓ/秒>

9-4-1.【湧水の水質】pH

■ pH

ほぼ一定

- 01 美留和ふ化場
- 02 美留和 香橋
- 03 あめます川
- 04 二俣川
- 05 奥二俣川
- 06 清 キタタヌキ
- 07 清 自噴井
- 08 清 水源地
- 09 神の子池沢
- 10 神の子池
- 11 西別川
- 12 シワソベツ右川
- 13 シワ右湧水
- 14 ポソベツ川
- 15 シワソベツ川
- 16 磯分内川A
- 17 磯分内川C
- 18 磯分内川D
- 19 仁多川A
- 20 仁多川B
- 21 仁多川A
- 22 摩周湖

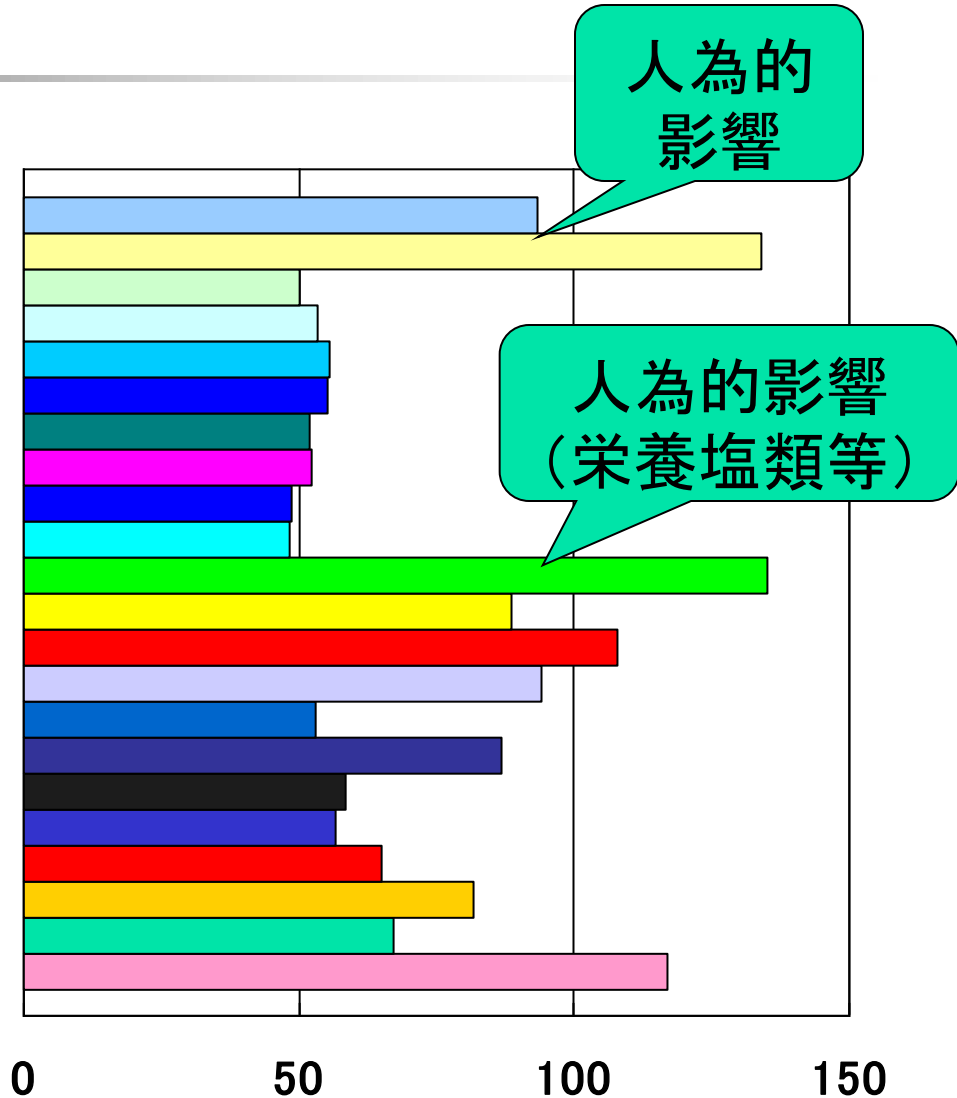


9-4-2. 【湧水の水質】電気伝導度

■ 電気伝導度

全般的に日本の
河川平均値
110 $\mu\text{s}/\text{cm}$ より低い
→ 溶存物質が少ない

- 01 美留和ふ化場
- 02 美留和 香橋
- 03 あめます川
- 04 二俣川
- 05 奥二俣川
- 06 清 キタタヌキ
- 07 清 自噴井
- 08 清 水源地
- 09 神の子池沢
- 10 神の子池
- 11 西別川
- 12 シュワッベツ右川
- 13 シワ右湧水
- 14 ポンベツ川
- 15 シュワッベツ川
- 16 磯分内川A
- 17 磯分内川C
- 18 磯分内川D
- 19 仁多川A
- 20 仁多川B
- 21 仁多川A
- 22 摩周湖





9-4-3. 【湧水の水質】 主要成分

- 主要成分量 [Hexa Diagramによる分析]

単位: mg当量/ℓ

[Fig.9\(1\)](#) [Fig.9\(2\)](#)

- 4つのグループに分類できた

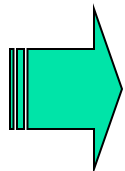
- I. 北部湧水群 (No.3~10)

- II. 西別川・磯分内川水系 (No.12~18)

- III. 人為的影響が見られるグループ (No.1,2,11)

- IV. 仁多川水系 (No.19~21)

- 全体的に、摩周湖の枠にきれいに収まっている



➤ 摩周湖の滲出水に、カルデラ中の地下水が混入し、希釈されたものと推定できる



9-4-4. 【湧水の水質】 主要成分構成比

- 主要成分構成比
 - ほぼ同じ
 - Mg+Caによって、北部と南部に分類できる

Fig11.

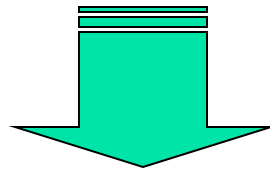
- 南部でMg+Caが増加する推定要因 Fig1(a)
 - 南部の輝石安山岩は、北部の石英安山岩に比べ、Mg, Ca, Feに富むため



9-4-5. 【湧水の水質】 Diagram分析

- 三角Diagram、Key Diagramによる分析
 - 主要成分のバランスが1箇所的一致

Fig12



摩周湖と湧水の主要成分が同種のものであることを示している



9-5-1. 【流出量解析】流出率

■ 流出率

※ある集水域で一定期間に降った降水が地表に出てくる割合

※地表に注いだ雨が、「地表を流れて集まった水」と、「一度地下に浸透して再び地表に現れた水」とを合わせて100%河川に集まれば、流出率は“1” Fig

■ 代表的な河川の流出率

河川	流出率
日本の主要河川	0.6~0.9
釧路管内の河川(標津川、別保川、阿寒川、庶路川)	0.5~1.0

9-5-2.【流出量解析】年別流出率

- Fig13.年別流出率

観測所	流出率 (9年平均)	位置	集水面積
25号	3.2	上流	26.0m ²
中西別	1.1	中流	192.5m ²

降った雨の3.2倍の水が
川に流れ出している

西別川には降水以外の涵
養機構がある



[カルデラ中の地下水] +
[摩周湖の滲出水]



9-5-3.【流出量解析】降水高と流出高

■ 流出高

- 流出量を集水面積で割ったもの(単位:mm)
- 降水高と単位が同じなので、直接比較できる

Fig17.年別 Fig18.月別

■ 傾向分析(3ヶ月移動平均)

- 一度地下に浸透した降水が再び地表に現れるまでの時間差を平均化する
- 流出高は降水高の増減に関わらず、年間を通してほぼ一定 Fig19.月別(3ヶ月移動平均).



9-5-4. 【流出量解析】西別川の基底湧出量

- 基底湧出量
 - 全く雨が降らなくても湧出している水の量
 - 降水以外の涵養機構（地下水、地下滲出水等）だけで湧出する水の量
- 西別川の基底湧出量 Fig16流出ハイドログラフ
 - $1.52\text{m}^3/\text{秒}$
 - 1980年2月～3月（無降雨期）で最も無降雨が続いた終点の3月25日



西別川では、最大渇水期でも $1.52\text{m}^3/\text{秒}$ 以上の湧水が、
[カルデラ中の地下水]+[摩周湖の地下滲出水] で
もたらされている

9-6-1. 地下滲出水と周辺湧水の関係

湧水の起源

湧水

[カルデラ中の地下水]+
[摩周湖の地下滲出水]

[西別川の流出量]
- [降水量]

仮に、[カルデラ中の地下水]
が常に一定量なら...

地下滲出水の変動量と、湧水の変動量は、地下滲出水が地中
を通過して湧水として出てくるまでの時間差を経て一致するはず



9-6-2. 地下滲出水と周辺湧水の関係

- 西別川の流量から降水量を差引き、純粋な湧水量として、地下滲出量と比較 [Fig20](#)
 - 数ヶ月の時間差で一致している
- 傾向分析(3ヶ月移動平均) [Fig21](#) [Fig22](#))
 - 滲出してから、地表に湧出するまでの時間差は、3ヶ月～5ヶ月



摩周湖の湖水は、地下に滲出してから3ヶ月～5ヶ月の時間差を経て、地表に湧出している



10.まとめ

**摩周湖の周辺湧水の起源の大半は、
摩周湖の地下滲出水である**

- 地下滲出水と湧水の水質が一致している
- 地下滲出水の変動量と、湧水の変動量が一致している

項目	データ	備考
地下滲出量	0.73 m ³ /秒	気象観測の精度が高まれば、より多くなるはず
全湧水量	2.20 m ³ /秒	実測値
西別川の基底流出量	1.52 m ³ /秒	流出ハイドログラフから算出
滲出水が地表に湧出するまでの時間差	3ヶ月～5ヶ月	