

溶存アルゴン法による地下水流動に関する研究 ～富山県庄川左岸扇状地を例にして～

富山県立大学短期大学部 ○ 杉 山 友 佳 子
富山県立大学短期大学部 吉 岡 龍 馬
富山県立大学短期大学部 正会員 奥 川 光 治

1. はじめに

地下水は、貴重な水資源の一つである。
そのありかたは、無限の変化に富んでいる。
本研究では、地下水のありかたを明らかにするために、
地下水中に溶存するアルゴン含有量をトレーサーとする流
速測定を行った。
ここでは、富山県の西部を北へ向かって流下し富山湾へ
と注いでいる庄川左岸流域（図 1）に存在する地下水につ
いて調査した。

2. 地形学および地質学的概要

庄川左岸流域は、図 1 に見られるように、庄川と小矢部
川によって形成された沖積平野である。
扇頂青島の標高は、約 100m で、堆積層の流向は北西に
延び、標高 40～30m で次第に平野相を呈する。標高 30m
付近より三角州が広がっていて、標高 20m 付近では、湧水
地帯となっている。

3. 採水期間と分析法

採水は、1998 年 5 月～12 月の期間に計 8 回行なった。
地下水中のガス分析は、試料水中で大理石と塩酸によって
二酸化炭素を発生させ、その二酸化炭素に伴って追い出さ
れてくる溶存気体の追い出し、次に、ピロガロール水溶液
で酸素を吸収させ、酸素以外の残留ガス（窒素、アルゴン、
メタン等）をガスクロマトグラフに導入させ定量する。

4. 結果

地下水中に溶存しているアルゴンは、地中で化学変化
を行わず、その含有量はすべて大気起源のものであり、
地下水中を流動してもそのまま保持されている。さらに、
アルゴンの溶解度は水温によって一義的に規定されるた
め流速測定のトレーサーとして適している。
そこで同一帯水層に属する多数の井戸水中に溶存して
いるアルゴン量の変動を調べて平均流速を算出する。
地下水中のアルゴン量から飽和させた状態にある時の
水温を推定（推定水温）し、浸透地点と考えられる表流

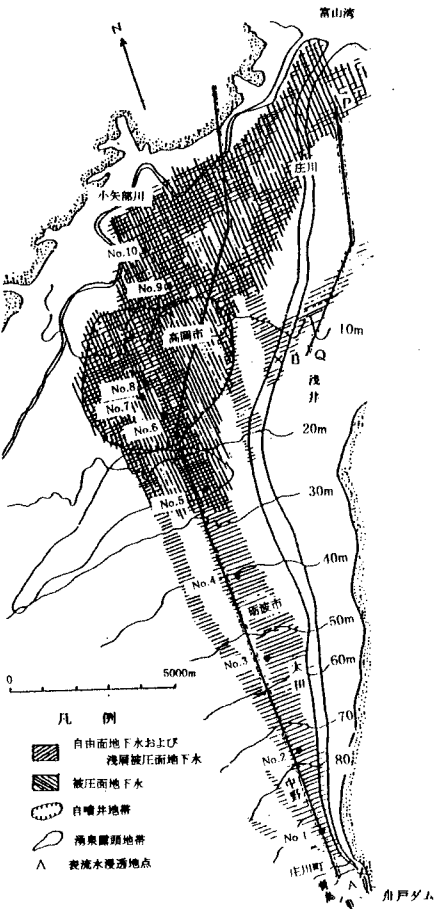


図 1 庄川左岸扇状地の採水地点

表 1 溶存アルゴン量から推定した流速 (A)

月	5	6	7	8	9	10	11	12	
NO	1	5.3	7.1	6.9	-	4.3	4.1	3.6	5
2	21	-	30	-	20	19	-	-	
3	-	38	-	60	-	-	-	29	
4	-	-	-	-	-	-	-	-	
5	-	-	-	-	-	-	-	-	
6	85	89	-	60	-	53	71	67	
7	69	63	73	-	-	-	-	-	
8	-	63	77	-	-	56	-	-	
9	-	-	68	-	61	-	-	-	
10	-	-	-	68	65	62	86	-	

(m/day)

水の年間水温分布から前述の水温より浸透時期を求める（任意時測定法：高倉,1969）。その浸透時期と採水期日との差は、溶存アルゴンが地下に潜伏していた期間を示す。

その地下潜伏期間と浸透地点から各地点までの距離から地下水の平均流速（表1）を求めた。ここで、地下水の潜伏期間から流速を求める時、条件として浸透地点から遠距離に存在する地点ほど地下水の地中に潜伏している期間は長期間である。表中の「-」印の部分は各地点ごとの地下水中の潜伏期間を決定する際に、その条件に不合理であった箇所である。（ただし、ここで求めた流速の値は、浸透地点から流速測定井戸までの間を一年以内の期間で流動していると仮定する。）

表1では、上流から下流に向かうに従い速くなった。これは、水理学的常識を逸脱しているので、ダルシーの法則（式（1））を用いて

$$V_p = -K * (dk/dl) \quad , \quad V = V_p / n \quad (1)$$

ここで V：ダルシー流速 V_p：平均流速 K：透水係数 n：間隙率 dk/dl：動水勾配

表2 ダルシーの法則より推定した流速

区域 (No)	地形	帯水層	地層	動水勾配	透水係数	間隙率	流速 (m/day)
庄川→No.1	扇状地	不圧地下水	洪・砂礫	0.0230	0.05~0.5	0.3	3.3~33
No.1→3	〃	〃	〃	0.0072	〃	〃	1.0~10
No.3→6	〃	〃	沖・砂礫	0.0049	0.01~0.5	0.3~0.35	0.1~7.1
No.6→9	扇状地→三角州	被圧地下水	洪・粘土まじりの砂	0.0032	0.01~0.1	0.35~0.4	0.1~1.0
No.9→10	〃	〃	洪・砂	0.0009	0.09	〃	0.2~0.3

(cm/sec)

検討を行なったところ、表2に示した結果、0.1~33 m/day（本地域の地層に応じて、間隙率、透水係数を定めた）となり、上流から下流へ流れていくほど流速は遅い。これは、表1の結果と大きく矛盾していた。

表3 溶存アルゴン量から推定した流速（B）

そこで、溶存アルゴン量から別の方法で検討を行なった。溶存アルゴン量より求めた推定水温の経月変化の形状により、地下水の流動期間を定め、流速を計算した（表3）。

その結果、庄川左岸流域の流速は、1.2~22m/dayであった。また、ここで間隙率を0.3と仮定しすべての地点間の透水係数を求めたところ、ダルシーの法則で用いた透水係数の範囲内に入る（庄川→No.1、No.5→6、No.6→7）。

この方法で求めた地下水の流速は、上流から下流へ向かうまでに、各地点間で速くなったり遅くなったりしていて、外部の影響（例えば 上方からの浸透水）などを考慮した流速を求めることができる。

表3から、同一の水理地質状態にある地層内においても地下水がスムーズに流動しているところとほとんど流動していない部分が存在していると考えられる。

区域 No	各地点間 No	流動期間	流速 (m/day)	透水係数 (cm/s)
庄川 →No.1	庄川→No.1	6ヶ月	4.0	0.1
	No.1→2	6ヶ月	1.5	0.8
No.1→3	No.2→3	6ヶ月	1.5	0.7
	No.3→4	—	—	—
No.3→6	No.4→5	4ヶ月	2.2	2.4
	No.5→6	5ヶ月	1.2	0.2
No.6→9	No.6→7	4ヶ月	1.5	0.1
	No.7→8	3ヶ月	9.2	1.6
	No.8→9	6ヶ月	8.9	1.0
No.9→10	No.9→10	5ヶ月	1.2	1.0

5. おわりに

地下水中の溶存アルゴンをトレーサーとして流速を算出した結果、任意時測定法によって求めた地下水の流速は、水理学的方法で検討した流速の結果とは大きく矛盾していたので、推定水温より各地点間における流動期間を求めて流速を推定した。その結果、庄川左岸流域では、1.2~22m/dayの値が得られた。

他にも、地下水中に溶存するガス（溶存窒素、溶存酸素）の分布状態から地下水の実態を明確にしている。

6. 参考文献

高倉盛安（1969）：富山県内地下水の水質（Ⅱ）—庄川左岸平野部の地下水の水質と流速、陸水学会誌、第30巻、第1号。