

(110) 赤川における還元水の実態調査とその考察について

東北地建 酒田工事事務所

川嶋巳之吉 ○遠藤 功 三浦 駿

1. まえがき

赤川は山形県の西部に位置し、その源を山形新潟両県境の以東部に亘り各支川等を合わせて広大な庄内平野を北上し日本海に注いでいる。その流域は樹林状をなし流路延長704 km、流域面積857 km<sup>2</sup>の河川で古くより農業用水等に利用されてきた。

近年都市化による都市用水の増加等供給源として重要な存在となり水取扱計画を早急に樹立する必要が生じてきたり。

この計画の基本となる調査として昭和39年度より底水流量調査と実施し取排水実態調査及び自然流況等の把握につとめ、流水の正常な機能を維持するため必要な流量と将来の需要計画等について調査検討を重ねてきたり。

本報告は、これら調査成果を基に赤川における還元水の実態とマクロ的に調査検討したものである。

2. 調査の概要

近年異常渇水となつた昭和48年度において熊出下流より渓中間で約6 km 区間にてテエワク地表を設けて灌漑期において同時に流量観測を行ふと共に其に取水地表8ヶ所、排水地表10ヶ所について同時に取排水実態調査を行つた。調査の結果観測値のうち上流基準地熊出の流量が0.5 m<sup>3</sup>/s であり、さらに下流基準地渓中の流量が1.44 m<sup>3</sup>/s から2.62 m<sup>3</sup>/s の流量があつた。この流量は赤川頭首工の取水量が大きい事から渇水時における下流の流量はこの還元量に多大に影響するものと思われ熊出下流における還元量の定量的把握のため調査検討を行つた。

3. 調査検討

(1) 流出モデル

熊出下流の流出モデル(図-1)は流出流域の降雨からの流出と取水からの還元量の主要因から構成されており、渇水時には特に無降雨時の流量は取水の還元量が主な要因となる。

基準地熊出直上流の赤川頭首工の取水量が最大44,761 立mと熊出の過去10年の平均流量(昭和39年～48年)の平水流量に近い値であることから、渇水時における下流の流量はこの還元量が多大に影響することは容易に推測される。

(2) 降雨からの流出

降雨からの流出量を推算する方式は一般にはタンクモデル法を用ひるが当区域は水路が複雑で且地水系に流出されることと捕水能力が小さい平地部及び渇水時を対象とすることから、流出推算式は下式の通りに簡略式を用ひることにした。

$$Q_t = f_{t-1} \cdot R_{t-1} + f_{t-2} \cdot R_{t-2}$$

$$Q_t \cdots t 日の流出量 \quad f_{t-n} \cdots tよりn日前の流出率 \left[ \frac{1}{n} \text{日前流量} f = 0.5 \right] \text{(仮定値)} \quad R_{t-n} \cdots tよりn日前の日雨量$$

図-1 調査位置図

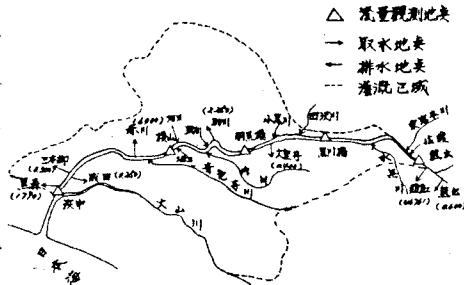
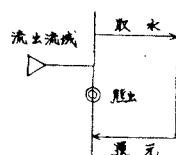


図-2 流出モデル



なお、流量観測時間が10時前後であることから当日の雨量は用ひらず、1日前及び2日前の雨量を用ひ代表雨量観測所は対象区域中央に位置する鶴岡雨量観測所を用ひ次。

### (3) 取水還元量の推算

昭和48年度同時流量観測資料を用いて取水還元量と熊虫より各チエック池実測で下記式により表-1に示すとおり算定した。

$$Q_{KA} = Q_{CH} + Q_{SHV} - Q_{KM} - Q_{IN} \quad \dots \dots \dots (2) \quad F = Q_{KA}/Q_{AK} \quad \dots \dots \dots (3)$$

$Q_{KA}$ ---還元量  $Q_{CH}$ ---チエック地表流量  $Q_{KM}$ ---熊出流量  $Q_{dHR}$ ---チエック地表上流取水量

$Q_{AK}$  --- 赤川頭首工  $Q_{IN}$  --- 降雨からの流出量 F --- チェック地盤の還元率

表-1 取水還元量計算書 (単位: 箱)

測定項目		5.17	5.18	5.19	6.1	6.15	6.26	7.4	7.11	7.16	7.21	8.1	8.16
測定期間		(日付)											
騰川日雨量		0	1	9	14	0	0	0	0	0	0	0	0
騰川日雨量(累計)		0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
騰川積雪融解量(雪)		28.76	0.21	6.22	26.62	62.76	32.69	26.92	22.72	16.50	14.47	15.22	15.20
總 距 程		26.20	0.19	49.04	18.10	16.15	2.57	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
① 雪深(雪量)		1.61	1.61	1.43	1.71	1.61	1.28	1.61	1.26	0.96	1.09	2.01	1.79
② 取水 量		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
③ 溶		7.23	—	5.24	3.64	12.36	12.27	12.81	1.76	1.58	0.57	2.11	1.82
④ 雨深(雨量)		0.00	—	1.12	1.29	2.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
⑤ 雨充 分		—	2.07	2.70	1.41	2.02	3.50	0.71	2.11	1.50	0.52	—	0.00
⑥ 雨 充 分		—	0.66	0.57	0.47	0.62	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	—	0.00
⑦ 雨深(雪量)		0.66	2.74	2.56	1.52	0.62	2.30	0.77	0.61	0.69	0.41	1.57	2.20
⑧ 取水 量		0.02	0.24	0.57	0.51	0.43	0.50	0.98	0.82	0.66	0.10	0.22	0.30
⑨ 雪 量		21.62	46.05	26.67	28.72	24.74	38.77	35.11	2.62	5.58	1.83	2.01	2.01
⑩ 雨深(水)		0.02	2.35	3.93	4.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
⑪ 雨充 分		—	0.66	2.24	1.67	2.07	2.93	1.29	0.60	0.60	0.03	—	2.24
⑫ 雨 充 分		—	0.13	0.66	0.16	0.19	0.21	0.19	0.04	0.14	0.15	—	0.16
⑬ 雨深(雪量)		0.02	2.64	1.29	1.22	1.13	2.23	2.15	0.62	5.59	1.94	10.73	2.94
⑭ 雨充 分		—	0.00	0.67	0.66	0.66	0.60	0.00	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00
⑮ 雨 充 分		—	0.00	0.67	0.67	0.67	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
⑯ 雨深(水)		12.69	12.63	12.63	12.63	12.63	12.63	12.63	12.63	12.63	12.63	12.63	12.63
⑰ 雨充 分		—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
⑱ 雨 充 分		—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
⑲ 雨深(雪量)		0.02	2.64	1.29	1.22	1.13	2.23	2.15	0.62	5.59	1.94	10.73	2.94
⑳ 雨充 分		—	0.00	0.67	0.66	0.66	0.60	0.00	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00
㉑ 雨 充 分		—	0.00	0.67	0.67	0.67	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
㉒ 雨深(水)		0.02	0.02	0.67	0.67	0.67	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
㉓ 雨充 分		—	0.00	0.67	0.66	0.66	0.60	0.00	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00
㉔ 雨 充 分		—	0.00	0.67	0.67	0.67	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
㉕ 雨深(雪量)		0.02	0.02	0.67	0.67	0.67	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
㉖ 雨充 分		—	0.00	0.67	0.66	0.66	0.60	0.00	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00
㉗ 雨 充 分		—	0.00	0.67	0.67	0.67	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
㉘ 雨深(水)		0.02	0.02	0.67	0.67	0.67	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
㉙ 雨充 分		—	0.00	0.67	0.66	0.66	0.60	0.00	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00
㉚ 雨 充 分		—	0.00	0.67	0.67	0.67	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
㉛ 雨深(雪量)		0.02	0.02	0.67	0.67	0.67	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
㉜ 雨充 分		—	0.00	0.67	0.66	0.66	0.60	0.00	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00
㉝ 雨 充 分		—	0.00	0.67	0.67	0.67	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
㉞ 雨深(水)		0.02	0.02	0.67	0.67	0.67	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
㉟ 雨充 分		—	0.00	0.67	0.66	0.66	0.60	0.00	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00
㉟ 雨 充 分		—	0.00	0.67	0.67	0.67	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
㉟ 雨深(雪量)		0.02	0.02	0.67	0.67	0.67	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
㉟ 雨充 分		—	0.00	0.67	0.66	0.66	0.60	0.00	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00
㉟ 雨 充 分		—	0.00	0.67	0.67	0.67	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
㉟ 雨深(水)		0.02	0.02	0.67	0.67	0.67	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
㉟ 雨充 分		—	0.00	0.67	0.66	0.66	0.60	0.00	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00
㉟ 雨 充 分		—	0.00	0.67	0.67	0.67	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
㉟ 雨深(雪量)		0.02	0.02	0.67	0.67	0.67	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
㉟ 雨充 分		—	0.00	0.67	0.66	0.66	0.60	0.00	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00
㉟ 雨 充 分		—	0.00	0.67	0.67	0.67	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
㉟ 雨深(水)		0.02	0.02	0.67	0.67	0.67	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
㉟ 雨充 分		—	0.00	0.67	0.66	0.66	0.60	0.00	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00
㉟ 雨 充 分		—	0.00	0.67	0.67	0.67	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
㉟ 雨深(雪量)		0.02	0.02	0.67	0.67	0.67	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
㉟ 雨充 分		—	0.00	0.67	0.66	0.66	0.60	0.00	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00
㉟ 雨 充 分		—	0.00	0.67	0.67	0.67	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
㉟ 雨深(水)		0.02	0.02	0.67	0.67	0.67	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
㉟ 雨充 分		—	0.00	0.67	0.66	0.66	0.60	0.00	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00
㉟ 雨 充 分		—	0.00	0.67	0.67	0.67	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
㉟ 雨深(雪量)		0.02	0.02	0.67	0.67	0.67	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
㉟ 雨充 分		—	0.00	0.67	0.66	0.66	0.60	0.00	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00
㉟ 雨 充 分		—	0.00	0.67	0.67	0.67	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
㉟ 雨深(水)		0.02	0.02	0.67	0.67	0.67	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
㉟ 雨充 分		—	0.00	0.67	0.66	0.66	0.60	0.00	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00
㉟ 雨 充 分		—	0.00	0.67	0.67	0.67	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
㉟ 雨深(雪量)		0.02	0.02	0.67	0.67	0.67	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
㉟ 雨充 分		—	0.00	0.67	0.66	0.66	0.60	0.00	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00
㉟ 雨 充 分		—	0.00	0.67	0.67	0.67	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
㉟ 雨深(水)		0.02	0.02	0.67	0.67	0.67	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
㉟ 雨充 分		—	0.00	0.67	0.66	0.66	0.60	0.00	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00
㉟ 雨 充 分		—	0.00	0.67	0.67	0.67	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
㉟ 雨深(雪量)		0.02	0.02	0.67	0.67	0.67	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
㉟ 雨充 分		—	0.00	0.67	0.66	0.66	0.60	0.00	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00
㉟ 雨 充 分		—	0.00	0.67	0.67	0.67	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
㉟ 雨深(水)		0.02	0.02	0.67	0.67	0.67	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
㉟ 雨充 分		—	0.00	0.67	0.66	0.66	0.60	0.00	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00
㉟ 雨 充 分		—	0.00	0.67	0.67	0.67	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
㉟ 雨深(雪量)		0.02	0.02	0.67	0.67	0.67	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
㉟ 雨充 分		—	0.00	0.67	0.66	0.66	0.60	0.00	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00
㉟ 雨 充 分		—	0.00	0.67	0.67	0.67	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
㉟ 雨深(水)		0.02	0.02	0.67	0.67	0.67	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
㉟ 雨充 分		—	0.00	0.67	0.66	0.66	0.60	0.00	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00
㉟ 雨 充 分		—	0.00	0.67	0.67	0.67	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
㉟ 雨深(雪量)		0.02	0.02	0.67	0.67	0.67	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
㉟ 雨充 分		—	0.00	0.67	0.66	0.66	0.60	0.00	0.50	0.50	0.00	0.00	

図-3 水川頭首工取水量と還元量の関係  
ナエフ地表の関係

#### (4) 取水還元量の検討

各テクニカル地図における赤川頭首工取水量と取水還元量の関係を図-3で見ると両者が比例関係にあることが推定される。還元率を見ると一定値と見なし得るようである。還元量並びに率の総合的関係を見ても合理的な関係を示しており、渴水時ににおける熊本下流の流量は還元量の影響が大きいことが立証されている。

各地点の還元率は観測箇数の約75%が平均値前後で集中しており、平均値を以て還元量は十分に推算し得るものと思われる。検討の結果と各地点の退水流量推算式としてまとめて見ると下記式の通りとなる。

$$\text{黑川橋 } Q_{KLR} = Q_{KLM}(\text{基本}) + 0.05 \cdot Q_{AK}(\text{頭工}) - Q_{SHV}(\text{吸水}) + Q_R(\text{流水})$$

$$\text{羽里橋 } Q_{HHA} = Q_{KLM}(\text{基本}) + 0.18 \cdot Q_{AK}(\text{頭工}) - Q_{SHV}(\text{吸水}) + Q_R(\text{流水})$$

$$Q_{HM} = Q_{KM}(\text{底本}) + 0.005 Q_{AK}(\text{施工}) - Q_{SHV}(\text{取水}) + Q_{R}(\text{流出})$$

上記底水流量推算式を基に実測流量と計算流量を比較すると50%以下の場合は相関線に集中しており、底水流量推算式は妥当であるものと思われる。

#### 4. 考 察

昭和48年度の同時流量観測資料を基に熊本下流の還元量の調査検討した結果赤川頭首工取水量に対する還元率を見いだすことができた。上記の検討では地下水流出河道損失等を考慮してから降雨の流去に対しても概算であり流去の不確定性を部分と全て還元量に含む結果となりていて赤川頭首工の取水量が大きいことから現時段では地要素を誤差と見ても大きさは間違はないものと思われる。なお、今回のとりまとめ過程で問題点及び今後の調査項目について記載しておく。  
 1. 支川における降雨からの流出量  
 2. 試験田における還元量

- ### 3. 同時流量観測地点の選定及公精度の向上 4. 地下水の流出機構