

建設省土木研究所 正員 石崎勝義
正員 ○北川明

1. はじめに

わが国において各地で注入井による人工涵養が行なわれてきたものの、個々の実験地での成果であり、各地での実験結果も総括的などりまとめはなされていない。ここでは、目づまりの原因、目づまりに伴う比注入量の変化および比注入量の回復のための再揚水手法について明らかにし、注入井による涵養技術の確立のための今後課題について明らかにする。

2. 目づまりの原因と比注入量の変化

表1はわが国で行なわれた主な涵養現地実験における注入対象層の透水係数、注入井構造、注入水、注入量、比注入量半減注入高、目づまりの原因についてとりまとめたものである。ここで、比注入量半減注入高とは、図1に示されているように、注入井に目づまりが生じ、比注入量が指数関数的に減少して行くが、比注入量が当所の半分になるまで注入した総量をストレーナー単位面積当たりに直した値である。この値は目づまりの進捗状況を判定するパラメータと考えることができる。

SSによる目づまりと考えられるのは大阪、上越での実験である。大阪等の上水道水中にはSS 1 ppm程度が含まれていることもありうると言われている。上越では濁度で最大5 ppm、平均2~3 ppmが注入水中に含まれている。妻沼、山形では注入水中に含まれる鉄、マンガンの注入井近傍での酸化沈殿によるものである。ほとんどの例において目づまりの原因として酸化鉄をあげておく。これは注入水中には飽和に近い酸素が溶存していて、注入井のケーシング、ストレーナーの酸化腐食が生ずるためである。DO 10 ppmの水が60m³/hで、径10cm

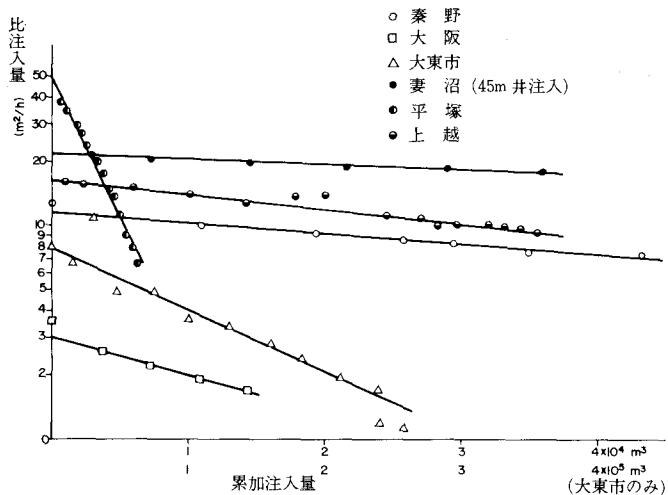


図-1 注入に伴う比注入量の減少

表-1 既往涵養実験における目づまり調査

地名	透水係数	注入水	注入井構造 ①深度 ②径 ③ストレーナー長	比注入量半減注入高 (注入量)	考えられる目づまりの原因
泰野	$3.4 \times 10^{-2} \text{ cm/sec}$	水道水	① 85m ②300mm ③ 18m	$4.2 \times 10^3 \text{ m}$ ($38 \text{ m}^3/\text{h}$)	空気泡、酸化鉄
大阪	$1 \sim 5 \times 10^{-2}$	"	51m 300mm 75m	$2.4 \times 10^3 \text{ m}$ ($30 \text{ m}^3/\text{h}$)	水道SS、酸化鉄
大東市	1×10^{-2} (推定)	"	182m 250mm 37.5m	$4.6 \times 10^3 \text{ m}$ ($63 \text{ m}^3/\text{h}$)	酸化鉄
妻沼	3.1×10^{-2}	地下水 A45m井 Fe+Mn 1.78ppm B15m井 " 8.0 ppm	200m 400mm 39.5m	A $4.1 \times 10^3 \text{ m}$ ($60 \text{ m}^3/\text{h}$) B $0.04 \times 10^3 \text{ m}$ ($60 \text{ m}^3/\text{h}$)	酸化鉄、酸化マンガン
平塚	1.1×10^{-1}	浅井戸水	80m 300mm 25m	$0.1 \times 10^3 \text{ m}$ ($60 \text{ m}^3/\text{h}$)	?
佐賀石	$2.83 \sim 6.4 \times 10^{-3}$	深井戸水	165m 150~75mm 67.5m	- (定圧注入)	SS、微生物、酸化鉄
上越	6.2×10^{-2}	表流水浄化 (凝集沈殿・急速濾過) 濁度 2~3 ppm	285m 300mm 47m	$1.0 \times 10^3 \text{ m}$ ($53 \text{ m}^3/\text{h}$)	SS、酸化鉄、微生物
山形	2.1×10^{-3}	表流水 (粗大のみ除去、清澄) Fe 0.4ppm	84m 300mm 36m	$3.6 \times 10^3 \text{ m}$ ($42 \text{ m}^3/\text{h}$)	酸化鉄

長さ 100 m の鋼管を流れると約 1 ppm の鉄濃度が試算される。奏野においては、注入水が注入井水面上で放流されているため、注入井内での注入水の平均降下速度と空気泡径との関係から空気泡による目づまりとして報告されているが、注入内での空気泡の挙動は単純ではなく、実際に目づまりの原因となっているかどうか定かでない。しかし、わずか 15 分の再揚水によって元の比注入量に回復することから原因でないともいいきれない。佐賀白石においては、再揚水が黒濁し、有機物の破片も見られ微生物による目づまりが関与している。上越においても、注入水は滅菌されいず、同様に再揚水から微生物による目づまりが考えられるものの、SS による目づまりにかくれ、具体的に比注入量の変化としては現われていない。

表-1 に示されるように通常の水道水、顕著な鉄、マンガンを含まない地下水等を注入すれば比注入量半減注入高は $4.0 \times 10^3 m$ 以上に達する。注入井による地下水涵養事業が実施される場合には、上越での注入水質は 1 つの目安を与える。この場合、比注入量半減注入高は $1.0 \times 10^3 m$ と落ちるが、ストレーナを長くしたり、井戸径を大きくすることによって注入量としては十分期待しうる。再揚水による比注入量の回復が必要条件であることは言うまでもない。

3. 再揚水による比注入量の回復

図 2 は妻沼における再揚水による逆洗効果を示す。この図から次のことが明らかである。①再揚水総量が多ければ多いほど比注入量回復がよい。②注入量と同程度の再揚水量ではあまり効果があがらない。さらに再揚水量を大きくした方が総量を多くするより効果が大きい。③揚水量を多くし、断続揚水を行なえば、逆洗効果はさらに大きい。

平塚においては注入量と再揚水量が同じであったためか、注入総量と同程度揚水しても、初期の比注入量に回復していない。上越では注入量の 2.5 倍で 2 時間の再揚水で比注入量は回復し、再揚水は年に 1 ~ 2 回である。大東市の実験例も、最初の再揚水から 3 ~ 4 日休止後の第二回目の再揚水初期においても高濃度の酸化鉄が検出されており、断続的な揚水が効果的であることが示されている。さらに揚水と注入を交互に行なうことによって一そう逆洗効果が高まることが妻沼の実験で示されている。

目づまりを発生させた抑留物の物理的性質の差異によって、逆洗効果も異なるので、上記のことが一般的に言えることは断言できない。しかし、上水道で行なわれる激しい逆洗ではないにもかかわらず比注入量が元のそれに回復することは、抑留物はストレーナの近傍のみに、フロック状に蓄積されることが推測される。SS 等がこのような状態で抑留される条件を室内実験で明らかにすることが不可欠である。注入井による涵養技術の確立は目づまりを起さないことではなく、再揚水によって簡単に回復可能な目づまりを生じさせることであり、ストレーナ、グラベルパッキングまで含めて検討されることが必要である。

参考文献、土木研究所資料、涵養井の目づまりについて（作成中）

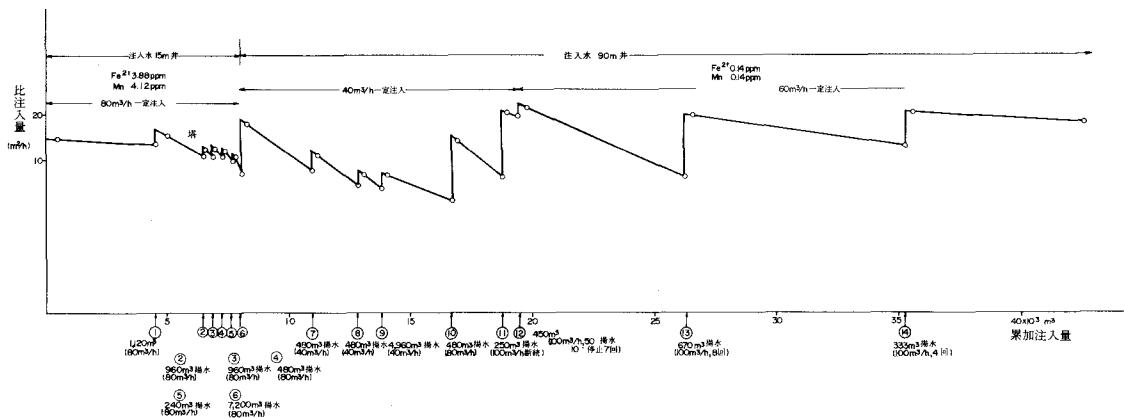


図-2 再揚水の逆洗効果