

온도와 수위 자료를 활용한 하천변 충적분지내 지하수 유동 특성 분석

신경희¹ · 김태형¹ · 김덕근¹ · 배종섭¹ · 도진우² · 김규범^{3,†}

¹한국수자원공사 K-water연구원

²한국석유관리원 석유기술연구소

³대전대학교 건설안전방재공학과

요 약

하천수와 지하수의 상호작용에 대한 이해는 효과적인 하천 관리를 위하여 필수적인 사항이다. 본 연구지역은 낙동강 중류의 충적분지(강정고령보 상류 노곡리 일대)로서, 하천에서 멀어질수록 지형과 지하수위가 낮아지는 특성을 갖고 있다. 계절에 따른 하천수위의 상승 하강 작용은 충적분지로의 배출에 영향을 주어 지하수 온도의 3차원적 분포의 변화를 가져온다. 하천에 인접한 지하수의 수온은 하천수 유입의 영향을 많이 받아 하절기에 상승하고 갈수기에 하강하는 특성을 보이는 반면, 하천에서 원거리에 위치한 지하수는 반대의 특성을 보이고 있으며, 지하수의 유동 방향도 계절에 따라 작은 변화를 보인다.

주요어: 하천수, 지하수, 수온, 손실하천

Kyung-Hee Shin, Tae-Hyung Kim, Deog-Geun Kim, Jong-Soem Bae, Jin-Woo Doe and Gyo-Bum Kim, 2016, Analysis of groundwater flow in a riverside alluvial basin using temperature and water level data. Journal of the Geological Society of Korea. v. 52, no. 4, p. 493-500

ABSTRACT: It is essential to understand the interaction between stream water and groundwater in order to manage a river effectively. The study area, which is a small basin in the middle of the Nakdong river, Nogok-ri, has a feature that topographic elevation and groundwater level at a site far from the river is lower than that of a site close to the river. Seasonal rising and falling of surface water level affects river water discharge into a surrounding alluvial basin and also changes 3 dimensional distribution of groundwater temperature in the basin. Groundwater temperature near the river increases in summer season by the effect of river water inflow and the opposite decreasing case happens at a site far from the river and therefore the flow direction of groundwater becomes slightly changed.

Key words: river water, groundwater, temperature, losing stream

(Kyung-Hee Shin, Tae-Hyung Kim, Deog-Geun Kim and Jong-Soem Bae, K-water Institute, Korea Water Resources Corporation, Daejeon 34045, Republic of Korea; Jin-Woo Doe, Research Institute of Petroleum Technology, Korea Petroleum Quality & Distribution Authority, Cheongju 28115, Republic of Korea; Gyo-Bum Kim, Daejeon University, Daejeon 34520, Republic of Korea)

1. 서 언

지표수와 지하수는 하천수위 상승 및 강우와 같은 자연적인 요인과 지하수 양수 등과 같은 인위적인 요인에 의하여 지속적인 상호작용이 발생된다. 이와 같은 지표수와 지하수의 상호작용을 이해하는 것은 보다 체계적인 수자원 관리를 가능하게 한다. 국내의 경우 4대강 살리기 사업을 통하여 하천의 변화를 가져

왔는데 이와 같은 하천 수위 및 유량의 증가는 하천 변의 지하수의 변화를 가져오게 된다. 1990년대 오스트리아 및 슬로바키아 지역에서도 대규모 보의 건설 이후 주변 지하수위의 상승 및 수질 변화에 대한 연구가 활발히 이루어진 바 있으며, 미국 플로리다 주에서도 Everglade 지역내 수로 설치와 주변 지하수의 변화에 대한 다양한 연구가 수행된 바 있다(Dreher and Gunatilaka, 1996; Mucha, 1999; Renken *et al.*,

[†] Corresponding author: +82-42-280-4804, E-mail: geowater@dju.kr

2005). 국내에서도 북한강 소규모 지류 분지에서의 지하수 온도, 수위, 지화학 분석 결과 등을 활용한 지표수-지하수 연계성의 계절적 특성 분석(Jeon and Kim, 2011), 함안보 상류 지역에 설치된 지하수 관측 자료를 활용한 하천수와 지하수의 반응 및 시계열 특성 분석(Kim *et al.*, 2012, 2013), 낙동강 중류 소분지에서의 퇴적 환경(분지 형태, 구성입자, 층적층 분포 등)에 따른 하천수와 지하수의 수위 수질 변동 상호작용 연구(Cha *et al.*, 2015) 등이 이루어진 바 있다.

본 연구에서는 낙동강 중류의 층적분지(강정고령보 상류 노곡리 일대)에서의 하천수위, 지하수위, 지하수 온도 등의 자료를 활용하여 하천수와 지하수의 상호작용, 계절 변화 및 손실하천으로서의 특성을 규명하는데 목적을 두었다.

2. 연구지역

연구지역은 경상북도 고령군 다산면 노곡리 지역으로 낙동강 중류인 강정고령보로부터 상류 약 2.0 ~ 3.0 km 지점에 위치하며 연구지역은 남측으로는 산지지형과 접하고 있으며 북측으로는 서에서 동으로 낙동강이 흐르는 지역으로 동서 방향으로 약 3.5 km, 남북 방향으로 약 1.0 km 내외의 폭을 갖는다. 평지의 평균 고도는 약 21.0 El.m로 대부분 비닐하우스에 의한 침의 재배가 주를 이루나 논농사를 병행하는 경우가 다수 있으며, 저지대의 특성상 연을 재배하는

지역이 연구지역내 남동쪽에 분포하고 있다(그림 1). 본 퇴적분지내의 지형 표고는 낙동강과 인접한 지점이 남측의 산지와 인접한 지점보다 약 0.5 ~ 1.0 m 정도 높은 특성을 보여 전체적인 연구지역내 지표수의 흐름은 북서측에서 시작하여 남측으로 흐른 후 무명천을 따라 동측으로 배출되게 된다. 본 지역의 기반암은 경상누층계에 해당되는 중생대 상부 쥐라기 낙동통 및 백악기 하부 신라통에 해당되는 지층이며 최서측에 낙동통 진주층이 분포하며, 동편으로 본 층을 정합으로 덮고 있는 칠곡층, 다시 칠곡층을 정합으로 덮고 있는 신라통 신라역암 층 및 함안층이 분포하고 있다. 연구지역의 층적층 구성을 보면, 상부로부터 매립토양 약 0.5 ~ 2.0 m, 실트질 모래(점토) 약 7.0 ~ 15.0 m, 자갈 약 1.0 ~ 5.0 m 정도로 발달하며 하천에 가까울수록 하부 자갈이 두꺼워 진다(Kim *et al.*, 2014).

3. 연구방법

지하수의 수위 및 수온 자료 획득을 위하여 관측 공을 설치, 활용하였으며, 지표수(수위 및 온도) 및 강우 자료는 강정고령보 지점의 측정치를 이용하였다. 지하수 관측정 5개소(GJM-13, GJM-14, NGG-24, NGG-25, NGG-26)에서의 지하수위 관측은 2013년 4월 1일부터 2014년 3월 31일까지 1시간 간격으로 이루어졌다. 또한, 심도별 지하수온을 측정하기 위하여 DALLAS사의 thermochron I-button의 온도



Fig. 1. Location of the study area and groundwater monitoring wells (arrow: surface water flow direction) (from Kim *et al.*, 2014).

센서를 지표하 5.0 m 부터 2.0 m 간격으로 설치하고 2시간 간격으로 관측하였다(그림 2). 수위 보정 및 지표 온도 측정을 위하여 관측정 상부 보호공에 Baro-Diver를 설치하여 운영하였다.

4. 지하수위 분포

관측기간 동안의 강정고령보 하천수위와 지하수위 관측자료 및 1일 누적 강우량은 그림 3과 같다. 강정고령보의 하천수위는 강우가 집중되는 7 ~ 9월에 상승하고 있으나, 전체적으로 18.1 ~ 19.8 El.m의 범위 내에서 일정한 수위변화를 보인다. 각 관측공별 지하수위는 GJM-13 관측공에서 18.1 ~ 19.4 El.m, GJM-14 관측공에서 16.3 ~ 19.2 El.m, NGG-24 관측

공에서 20.6 ~ 22.2 El.m, NGG-25 관측공에서 19.7 ~ 22.5 El.m, NGG-26 관측공에서 21.0 ~ 22.3 El.m로 나타나고 있다(표 1). 이들 지하수위의 전반적인 분포는 지표 표고의 분포와 유사하게 낙동강측이 높고 남쪽의 산지 인접 지역이 낮은 특성을 보이고 있어 북서측에서 남동측으로 지하수 흐름이 형성되어 있다 (Kim *et al.*, 2014). 한편, 단주기의 지하수 변동이 심하여 하천의 수위 변동 양상과 가장 큰 차이를 보이는 것은 남측의 산지지역에 인접한 GJM-14공으로서 지하수위의 변동 폭(1.3 ~ 2.9 m)이 매우 클 뿐 아니라, 강우에 의한 빠른 상승 반응도 잘 보여준다.

5. 계절별 지하수온 변화

심도별로 측정된 지하수온 자료의 시계열도에서 보듯이(그림 4), 하천에 인접한 NGG-24, NGG-25, NGG-26과 상대적으로 원거리에 위치한 GJM-13, GJM-14의 변동 특성에 차이가 있음을 알 수 있다. 하천에 인접한 NGG-24, NGG-25, NGG-26의 경우, 모든 심도의 지하수 온도 및 하천수온의 변화는 대기 영향을 받아 유사한 변동양상을 나타내며 심도별 지하수 온도의 변동 폭도 매우 크게 나타난다. 반면에, GJM-13 및 GJM-14 관측공은 지하수 수온의 변동폭이 하천수나 대기 온도에 비하여 훨씬 적은 특성을 보이며, 계절에 따른 심도별 지하수 온도 차이가 하천에 인접한 관측정에 비하여 상대적으로 크게 나타남을 알 수 있다.

대기 온도 변화에 대하여 하천수는 지체시간이 거

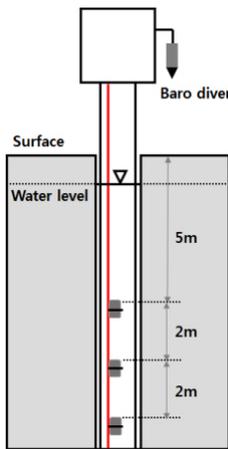


Fig. 2. Installation of I-button (Example of GJM-13).

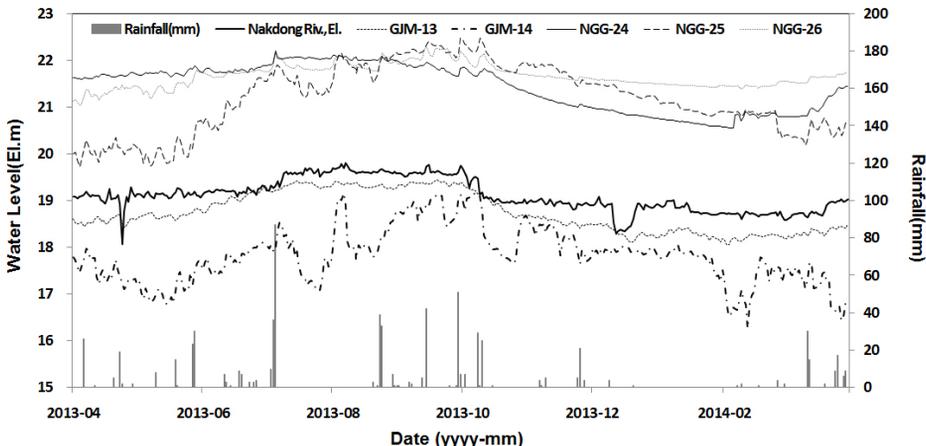


Fig. 3. Time series for rainfall, river water level, and groundwater level.

의 없는 특성을 보이거나, 지하수의 경우에는 지체시간을 보이고 있다. 이 경우에도 하천에 인접한 3개 관측점의 경우가 원거리에 위치한 GJM-13이나 GJM-14에 비하여 상대적으로 지체시간이 짧음을 알 수 있다. 이와 같은 심도별 온도 변화와 지체시간을 볼 때, 낙동강 본류로부터 유입되는 물이 남동측의 저지대로 이동하는 지하수의 유동과 관련이 있어 보인다.

하천수와 지하수의 상호 특성을 평가하기 위하여, 낙동강에 연직 방향으로 위치한 3개 관측공(NGG-24, NGG-25, GJM-14)의 온도 변화 특성을 월별로 비교 분석하였다(그림 5). 낙동강에 인접한 관측정일수록 월평균 지하수 온도의 심도별 차이는 크지 않으나 계절 변화에 따른 온도 변화는 크게 나타나며, 낙동강에서 멀어질수록 심도에 따른 온도 값의 차이가

Table 1. Statistics of rainfall, river water level, and groundwater level.

Contents	Minimum	Maximum	Average	Median	Standard deviation
Rainfall (mm)	0.0	87.0	1.9	0.0	7.7
Nakdong river (El.m)	18.1	19.8	19.1	19.1	0.4
GJM-13 (El.m)	18.1	19.4	18.8	18.7	0.4
GJM-14 (El.m)	16.3	19.2	17.8	17.8	0.6
NGG-24 (El.m)	20.6	22.2	21.4	21.7	0.5
NGG-25 (El.m)	19.7	22.5	21.2	21.3	0.7
NGG-26 (El.m)	21.0	22.3	21.7	21.6	0.3

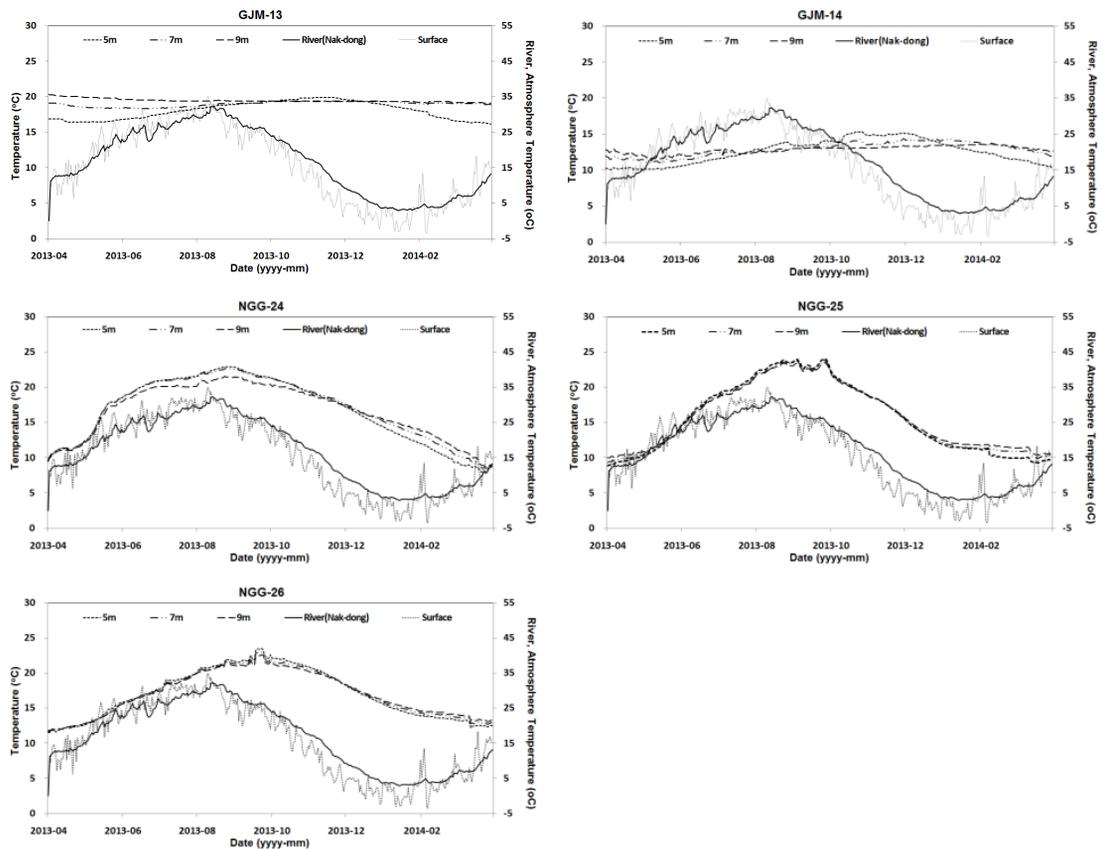


Fig. 4. Time series of groundwater temperature at each monitoring well.

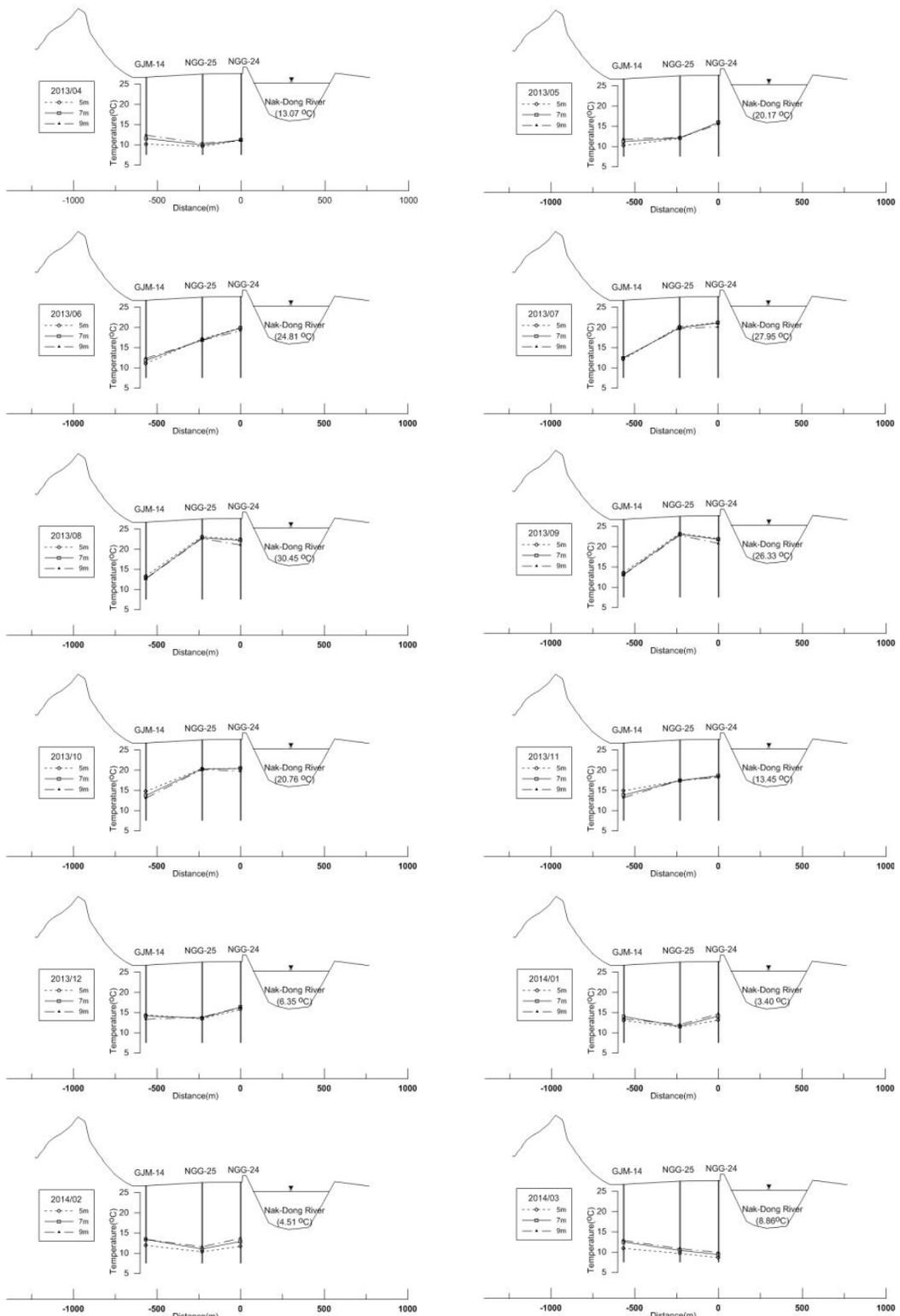


Fig. 5. Cross sections of monthly groundwater temperature compared to surface water temperature.

크고 계절변화에 따른 온도 변화는 작게 나타났다. 이는 낙동강에 인접할수록 대기 온도의 영향권에 있는 하천수가 유입되어 하천수의 온도 영향이 빠른 시일 내에 직접 미치기 때문으로 보인다. 낙동강에 가까울수록 하천수의 영향이 층적층 전체 심도에 직접 작용하여 심도별 온도 차이가 크지 않게 되나, 계절적 변화가 뚜렷한 하천수온의 영향이 지하수의 계절 변화에 영향을 미치게 된다.

이들 3개 관측공의 단면상 지하수 온도 분포를 보면, 봄부터 가을까지 기간에는 하천층의 지하수 온도가 남측보다 전반적으로 높게 나타나고 있으며, 겨울에는 남측의 지하수 온도가 하천층보다 높아지는 역전현상이 나타난다. 특히, GJM-14 관측공의 경우, 겨울의 지하수 온도가 여름의 지하수 온도 보다 높은 것을 알 수 있는데, 이는 타 관측공과 달리 이 지점의 지하수는 여름의 지표 온도의 영향을 거의 받지 않음을 보여준다. 낙동강으로부터 유입된 물이 GJM-14 관측공까지 도달하면서 온도 손실이 발생하게 되고 궁극적인 지하수 온도는 GJM-14 관측공 주변의 고유 온도에 의하여 결정되며 남측으로부터의 지하수 유입에 의한 영향이 온도를 비교적 일정하게 유지하는 것으로 보인다. 이는 5.0 m 심도보다 7.0 m 및 9.0 m 심도의 지하수 온도 변화가 상대적으로 적음에서도 알 수 있다.

낙동강에 인접한 NGG-24 관측공의 지하수 온도는 지표수의 온도가 상승하는 기간인 2013년 4월부터 8월 동안 상승함을 보였으며 지표수의 온도가 하강하는 2013년 9월부터 2014년 1월까지의 하강함을 보여 지표수의 유입으로 인한 영향을 직접 받고 있으며, 연구지역 중앙에 위치하는 NGG-25 관측공의 지하수 온도는 지표수의 온도가 하강하기 시작하는 2013년 9월까지 상승하고 있어 지연효과가 반영되는 것으로 보인다. 지표수의 온도가 상승하는 2013

년 4월부터 8월동안 산지지역에 인접한 GJM-14 관측공의 지하수 온도 상승폭은 매우 작게 나타났다. 산지지역에 인접한 GJM-14 관측공은 심도 5.0 m 지점에서는 2013년 11월까지 상승함을 보이며, 심도가 깊어질수록 온도가 상승하는 시기가 지연되고 타 관측공에 비하여 온도가 낮게 관측된다.

연구기간 중 호우기인 2013년 9월 및 갈수기인 2014년 3월의 각 관측공에서 측정된 월평균 지하수 위 및 강정고령보 지점의 하천수위를 이용하여 지하수 등수위선도를 도시하였다(그림 6). 동일 시점의 측정 자료가 5개소에 불과하여 해석에 제약점은 있으나 계절에 따른 미세한 변화를 관찰할 수 있다. NGG-26 지점의 지하수위가 상당히 높게 나타나는데 이는 이 지점의 상부 지층이 15.0 m 이상의 실트와 점토로 구성되어 있어 물의 배출이 용이하지 않은 것으로 추정되며, 이 지점을 중심으로 동측은 전체적인 지하수 흐름이 낙동강으로부터 동남쪽으로 형성되어 있다(Kim *et al.*, 2014). 하천에 인접한 NGG-24의 지하수위를 NGG-26과 비교해서 보면, 하절기에는 두 지점이 유사하게 높으나 갈수기에는 NGG-24 지점이 상대적으로 크게 감소하게 되는데, 이는 하천과의 인접성이 NGG-24가 크기 때문으로 보인다. GJM-14 지점 동남측의 지하수 흐름을 보면, 호우기에는 동남쪽~동쪽 방향이 우세하게 형성되나 갈수기에는 남측으로 변화되고 있다. 이는 호우기에는 하천수위가 상대적으로 높고 연구지역 전체의 지하수위가 높을 뿐 아니라 남측 산지지역으로부터의 지하수 유입을 무시할 수 없으므로 동남쪽~동쪽으로의 흐름이 형성된다. 반면에 갈수기에는 집수면적이 매우 작은 남측 산지지역에서의 지하수 함양이 거의 없고 지하 배출도 미미하여 층적분지내의 지하수 흐름이 분지내 지형 또는 지하수위 경사의 영향을 받아 남쪽으로 향하는 것으로 보인다.

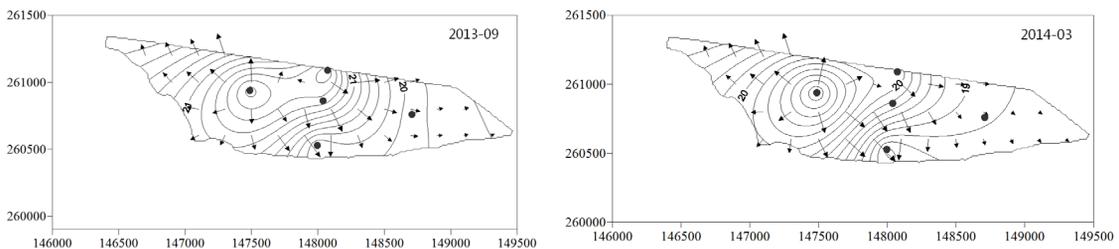


Fig. 6. Groundwater level's distribution and flow direction for two periods.

6. 수온 변동성의 분류

요인분석(Factor analysis)을 통하여 하천수 및 지하수 수온의 변동 패턴을 분류해 보았다. 분석 결과의 적합성을 평가하기 위해 Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) 측도와 Bartlett의 구형성 검정을 실시하였고, 각 요인에 대한 요인부하량(Factor loading)의 분산을 최대화하기 위하여 베리맥스 직각회전 방식(Varimax orthogonal rotation technique)을 적용하였다. 분석에 이용된 수온 자료는 2013년 4월 1일부터 2014년 3월 31일까지의 일평균 자료를 활용하였다. 요인분석 결과, KMO 측도와 Bartlett의 구형성 검정에서 각각 0.843과 0.001의 수치를 나타내어 요인분석이 적합하게 이루어졌으며, 고유값(Eigen value)은 1 이상을 기준으로 2개의 요인으로 결정되어졌다(표 2). 2개의 요인은 전체 자료의 약 92.2%를 설명하고 있으며, 요인 1은 61.9%, 요인 2는 30.3%에 의하여 설명되어 설명력이 매우 높음을 알 수 있다. 각 요인의 시계열도를 보면, 요인 1은 그림 4에서 보듯이 하천수 또는 대기의 온도 변화를 잘 설명해주는 인자이며, 요인 2는 상대적으로 지연되어서 나타나는 지하수의 온도 변화를 설명해주는 인자로 판단된다(그림 7).

이들 2개 요인을 x, y 축으로 전체 자료를 도시하여 인접성이 있는 총 3개의 그룹으로 분류하였다(그림 8). 첫번째 그룹에는 대기 온도, 하천수 온도, NGG-24,

NGG-25, NGG-26이 포함되는데, 하천수의 온도 변화와 유사한 변동성을 갖고 있어, 이들 지점은 하천 인근 지역으로서 충적층의 심도에 상관없이 하천수의 영향을 받음을 알 수 있다. 두번째 그룹에는 GJM-13 (5.0 m), GJM-13 (7.0 m), GJM-14의 지하수 수온자료가 해당이 되며 이는 위에서 언급한 바와 같이 하천에서 비교적 멀고 남측의 산지지역의 영향을 받는 지점으로서 요인 2에 의하여 주로 설명되는 지점들이다. 즉, 하천수에서 유입되는 지하수와 남측 산지지역에서 유입되는 지하수가 혼재할 수 있는 영역에 해당한다. GJM-13 (9.0 m)의 지하수 수온의 경우는 앞의 두 그룹과 전혀 다른 수온 변화를 보이고 있는데, 이는 그림 4에서 보듯이 온도 변화(19.1~20.3°C의 범위에서 표준편차는 0.3°C)가 거의 없어 2개 요인으로는 설명이 되지 않기 때문이며, 이는 지표수의 유입 영향이 미미함을 보여준다. 본 관측점 지점의 충적층 분포를 보면, 상부로부터 매립층(1.0 m), 실트질 모래(9.5 m), 실트질 점토(4.5 m), 자갈(1.0 m)로 구성되며, 온도 센서 지점이 9.0 m로서 두꺼운 실트층 하단에 위치하고 있어 지표수의 유입이 용이하지 않기 때문으로 보인다.

7. 토론 및 결론

대기 온도 및 하천 수온의 계절적인 변화는 하천 인근의 대수층내 지하수의 계절적인 변화에 영향을 미치

Table 2. Percentage of variance of groundwater temperature by factor analysis.

Component	Initial eigenvalues			Rotation sums of squared loadings		
	Total	% of variance	Cumulative %	Total	% of variance	Cumulative %
1	10.5	61.9	61.9	10.3	60.4	60.4
2	5.2	30.3	92.2	5.4	31.8	92.2

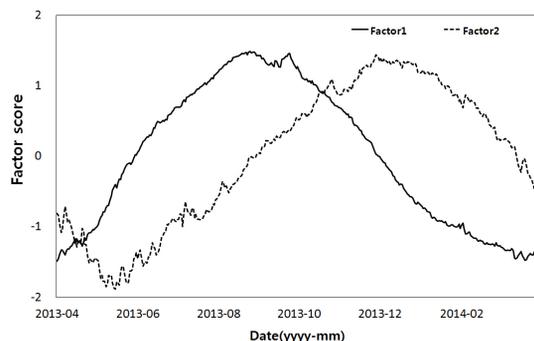


Fig. 7. Two factors for groundwater temperature.

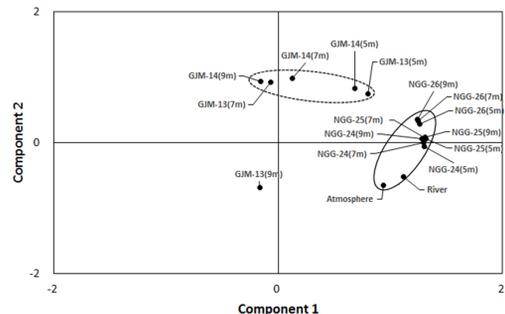


Fig. 8. Scatter plot of the groups for groundwater temperature using factor analysis.

게 된다. 본 연구지역과 같이 하천수위보다 주변 층적분지내 지하수의 수위가 낮아 손실하천의 특성을 보이는 경우에는 지하수의 온도는 하천수의 온도에 의한 영향을 많이 받게 될 것이다. 그림 4에서 보듯이, 하천수 유입 영향을 직접 받을 것으로 추정되는 NGG-24, NGG-25, NGG-26에서는 지하수 온도는 여름 호우기에 비하여 갈수기가 더 낮은 것으로 나타나는 반면에, GJM-13 및 GJM-14에서는 지연효과에 의하여 갈수기 때 지하수 수온이 높아지는 현상을 보이고 있다. 이와 같은 지연현상은 하천으로부터의 거리에 의해서도 영향을 받을 수 있으나, 연구지역과 같이 남측 산지지역에서 유입되는 지하수의 영향이 클 경우에는 하천수 온도의 영향이 줄어들게 된다. 아울러, 계절에 따른 지하수 유동 방향을 보면, 갈수기에는 남측 산지지역으로부터의 지하수 유출이 미미하여 분지내의 지하수 흐름 방향에도 변화가 발생하게 된다.

따라서, 본 지역이 작은 유역면적을 갖고 있어 강우의 직접 함양량이 적은 점을 고려한다면, 지하수위 및 온도 분포에서 보듯이 낙동강으로부터 유입되는 물이 상당 부분의 지하수를 형성하고 있음을 알 수 있으며, 계절에 따라서는 남측의 산지지역으로부터의 지하수 유입이 작용하는 것으로 평가된다. 본 층적분지에서의 지하수의 유입 및 배출은 북측 및 북서측의 낙동강으로부터 유입된 지하수가 남측으로부터 유입되는 지하수와 혼합이 이루어지나, 지하수위 분포에서 알 수 있듯이 GJM-14 부근 또는 그 남측으로 집중된 이후 남측의 무명천 인근을 따라 동측 낙동강으로 배출되는 양상을 보인다. 한편, 본 연구에 사용된 강정고령보의 하천수위 측정값은 상류 유역 전체가 반영된 것이므로 추후 연구에서는 본 연구지역 내에서의 지표수에 대한 정밀한 연구가 추가될 필요가 있겠다.

일반적으로 국내의 경우 중소하천에서 손실하천의 기능이 일부 존재하는 것으로 알려져 있으나, 본 연구에서 보듯이 낙동강과 같은 대하천의 경우에도 일부 구간의 주변 층적분지의 지하수위가 낮은 경우에는 손실하천의 특성을 보이므로 하천 관리시 유의할 필요가 있다.

사 사

본 연구는 국토교통부가 출연하고 국토교통과학기술진흥원에서 위탁시행한 물관리연구사업(11기술

혁신C05)에 의한 '수변지하수활용고도화' 연구단의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

REFERENCES

- Cha, E.J., Lee, S.H. and Kim, G.B., 2015, Changes in shallow groundwater levels and hydrochemistry according to depositional environment, river water level and groundwater pumping in the riversides. *Journal of the Geological Society of Korea*, 51(1), 67-80 (in Korean with English abstract).
- Dreher, J. and Gunatilaka, A., 1996, Groundwater management in the city of Vienna; Modelling, testing & monitoring for hydro power plants-II. *International Journal of Hydro Power and Dams*, 2, 545-554.
- Jeon, H.T. and Kim, G.B., 2011, Evaluation of interactions between surface water and groundwater based on temperature, flow properties, and geochemical data. *The Journal of Engineering Geology*, 21(1), 45-55 (in Korean with English abstract).
- Kim, G.B., Cha, E.J., Jeong, H.G. and Shin, K.H., 2013, Comparison of time series of alluvial groundwater levels before and after barrage construction on the lower Nakdong River. *The Journal of Engineering Geology*, 23(2), 105-115 (in Korean with English abstract).
- Kim, G.B., Cha, E.J. and Shin, K.H., 2014, Development and applicability of flood vulnerability index using groundwater levels. *Journal of the Geological Society of Korea*, 50(2), 257-268 (in Korean with English abstract).
- Kim, G.B., Son, Y.C., Lee, S.H., Jeong, A.C., Cha, E.J. and Ko, M.J., 2012, Understanding of surface water-groundwater connectivity in an alluvial plain using statistical methods. *The Journal of Engineering Geology*, 22(2), 207-221 (in Korean with English abstract).
- Mucha, I., 1999, Plenipotentiary of the Slovak Republic for Construction and Operation of Gab ikovo- Nagymaros Hydropower Scheme; Gabcikovo Part of the Hydroelectric Power Project Environmental Impact Review. *Ground Water Consulting Ltd., Bratislava, Slovakia*, 399 p.
- Renken, R.A., Dixon, J., Koehmstedt, J., Ishman, S., Lietz, A.C., Marella, R.L., Telis, P., Rogers, J. and Memberg, S., 2005, Impact of Anthropogenic Development on Coastal Ground-Water Hydrology in Southeastern Florida, 1900-2000. Circular 1275, U.S. Geological Survey, 77 p.

Received : June 9, 2016
 Revised : June 27, 2016
 Accepted : June 28, 2016