

밀양지역 지하수의 계절별 수위변동 특성

김태형, 정상용, 강동환, 이민희, 권해우*, 유인걸*, 이승엽**

부산광역시 남구 대연 3동 599-1 부경대학교 환경·해양대학 환경지질과학과

*대한광업진흥공사

**서울대학교 지구환경과학부

piezometer@daum.net

요약문

밀양지역 지하수의 계절별 수위변동 특성을 파악하기 위하여 500여개 공을 대상으로 총 3회 측정하였다. 봄에서 늦가을까지의 시기별로 측정된 현장지하수위 자료를 이용하여 밀양시 전역의 충적층 및 암반 대수층의 지하수위 등치선도를 작성하였다. 지구통계기법을 이용하여 작성된 밀양지역의 지하수위 등치선도는 계절별로는 큰 변동이 없었으나, 충적대수층과 암반대수층에서의 지하수위 분포양상은 다르게 나타났다. 계절적인 지하수위 변동이 약한 것은 밀양지역의 지하수는 대부분이 농업용수로 이용되고 봄과 가을에는 용수 사용량이 비슷하며, 여름에는 강수량은 많지만 농업용수의 사용량이 증가하여 함양량이 크지 않기 때문이다. 대수층유형에 따른 지하수위는 암반대수층의 피압 정도와 충적 및 암반 지하수공들의 공간적인 분포 양상에 따라서 영향을 받고 있는 것으로 나타났다.

주제어 : 지하수위변동, 계절별, 충적대수층, 암반대수층.

1. 서론

연구지역은 행정구역상 경상남도 밀양시 전역으로 1개시, 2개읍, 9개면으로 밀양시, 삼랑진읍, 하남읍, 부북면, 상동면, 산외면, 산내면, 단장면, 상남면, 초동면, 무안면, 청도면이 포함된다(밀양시, 2002). 밀양시의 전체면적은 798.98km²이며, 조사된 지하수공의 약 70% 정도가 농업용수로 사용되어지고 있다. 밀양시 전역의 지하수위 모니터링은 3회에 걸쳐 계절별 및 대수층 유형별로 조사하였다. 광역적인 지하수위의 시기별 변동특성은 여러 연구지역에서 조사되어 왔다. 본 연구에서는 밀양시 전역에서 조사된 지하수위 자료를 이용한 등치선도를 작성하여 지하수위의 계절별·대수층별로 비교·분석함으로써 시공간적인 지하수위 분포 특성을 연구하였다. 이러한 연구는 각 지역별 지하수의 적정사용량 산정에 있어 어느 시기에 어떤 장소에서 얼마만큼의 양을 사용하는 것이 적절한가를 추정하는데 유용한 자료가 될 것으로 사료된다.

2. 본론

2.1. 지형 및 지질

본 연구의 조사지역인 밀양시의 지형은 동, 북, 서측이 고지대의 산계를 형성, 지형적·수리적 분수령으로 작용하고, 남측단을 따라 동류하는 낙동강으로 능선, 계곡 및 작은 수계들이 남향하면서 발달하고 있다. 조사지역의 서쪽 가지산은 최고 지형 경계로 형성하여 낙동강 유역의 최소 표고차가 1,000m 이상되는 지형의 기복이 심한 곳이다. 조사지역의 지형과 지질은 매우 밀접한 연관성을 나타낸다. 지질구조의 주방향은 N40°E로 조사지역 밖 동편 양산단층의 방향과 평행한 방향성이 우세하며, 경상계 화산암류(주산안산암)가 조사지역 전역에 걸쳐 분포하며, 상동

면, 산외면, 단장면 일대에 불국사 관입암류가 일부 분포하여 주로 험준한 산계를 형성하며, 조사 지역 기저지질인 진동층은 무안면 서측에 일부 존재한다. 그밖에 화산활동에 의한 응회암류들이 주로 조사지역 서측에 분포하며 반상석리를 포함한 유동구조나 유리질 조직을 보이기도 한다. 관입의 영향이 없는 조사지역 남측에서는 구릉성 저지대를 형성하고 있다. 수계는 조사지역 중앙으로 밀양강이 남류하고 서측단에 청도천이 또한 남류하여 조사지역 남단부에 걸쳐 동으로 유하하는 낙동강에 유입되므로 조사지역 수리적 경계로 작용한다. 또한 산내면에서 발원한 동천이 산외면을 거쳐 사행하여 단장천, 밀양강과 합류한다(농림부·농어촌진흥공사, 1998).

2.2. 일반통계

밀양지역의 계절별 지하수위 조사 자료들에 대한 일반통계 분석 결과를 보면 1차조사시기(봄~초여름)에서 충적대수층의 지하수위는 $-1.05 \sim 216.56\text{m}$ 범위이고, 평균지하수위는 28.81m 로 조사되었다. 암반대수층의 지하수위는 $-18.69 \sim 375.86\text{m}$ 의 범위를 가지며, 평균지하수위는 44.07m 로 나타났다. 2차조사시기(여름)는 충적대수층에서 $-0.81 \sim 216.52\text{m}$ 의 범위를 가지며 평균 지하수위는 28.90m 이고, 암반 대수층에서는 $-15.00 \sim 376.71\text{m}$ 의 범위이며 평균지하수위는 44.29m 였다. 2차조사시의 평균지하수위가 충적·암반 대수층에서 각각 0.09m 와 0.22m 상승하였다. 지하수위 상승원인은 강수량에 의한 것으로 판단된다. 3차조사시기(가을)에서는 충적대수층의 지하수위가 $-0.94 \sim 216.34\text{m}$ 범위이며 평균지하수위는 28.93m 이고, 암반대수층의 지하수위는 $-13.86 \sim 376.97\text{m}$ 범위이며 평균지하수위는 43.73m 로 조사되었다. 2차조사시의 지하수위에 비해 평균적으로 충적대수층에서 0.03m , 암반 대수층에서 0.56m 강하되었다. 계절별로 보면 충적대수층에서 평균지하수위는 1차조사시기에서 2차, 3차시기까지 계속해서 상승함을 보였고, 암반대수층에서는 1차조사에서 2차조사까지는 평균지하수위가 상승하였으며, 2차에서 3차조사까지는 평균지하수위가 강하하였다. 1차조사시기보다 3차조사시기에 평균지하수위가 0.34m 강하되었다.

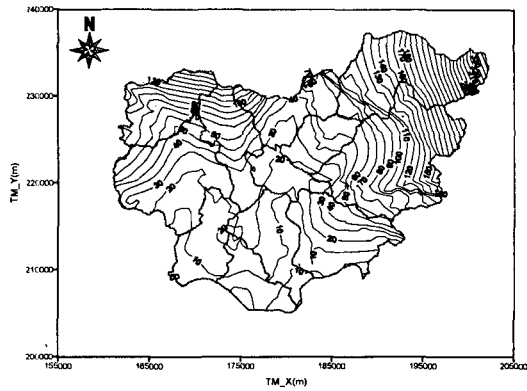
2.3. 회귀분석

지형의 표고와 지하수위의 상관성을 분석해본 결과 1차 조사에서 표고와 충적대수층에서의 지하수위 상관계수는 0.999 , 암반대수층에서의 지하수위 상관계수는 0.998 로 나타났다. 2차 조사에서는 표고와 충적대수층의 지하수위간의 상관계수는 1.000 , 표고와 암반대수층의 상관계수는 0.998 로 나타났으며, 3차 조사 결과는 표고와 충적대수층의 지하수위간의 상관계수는 0.999 , 표고와 암반대수층의 지하수위간의 상관계수는 0.997 이다. 표고와 충적·암반 대수층의 지하수위가 모두 정의 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

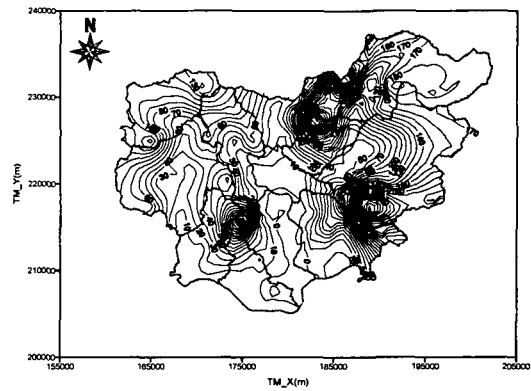
2.4. 지구통계분석

공간상에 분포하는 표본자료의 특성은 베리오그램에 의해서 나타내며, 베리오그램은 공간상에 분포하는 임의의 두 자료 값의 차이의 분산으로 구해진다(Matheron, 1963). 밀양지역의 계절별·대수층별 지하수위의 공간상 분포특성을 파악하고 등치선도를 작성하기 위해 베리오그램 분석을 실시하였다. 먼저 각 조사시기별 충적·암반 대수층의 지하수위자료들에 가장 적합한 베리오그램 모델을 선정하였다. 그 결과 충적대수층에서는 가우시안(Gaussian)모델이 가장 적합하게 나타났으며, 암반대수층에서는 구상형(Spherical)모델이 가장 적합한 것으로 선정되었다.

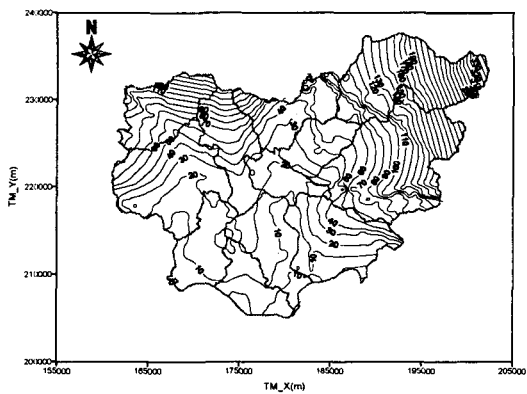
선정된 모델을 적용하여 최선의 선형불편 추정자(Best Linear Unbiased Estimator: BLUE)인 크리깅(Kriging)을 이용하여 지하수위 값을 추정하였다. 크리깅기법을 이용하여 작성된 밀양지역의 지하수위 등치선도를 분석하였다. Fig. 1.에 밀양지역의 계절별·대수층별 지하수위 등고선도가 작성되어 있다. 밀양시 전체적으로는 중심부인 밀양시의 지하수위가 가장 낮게 형성되어 있으며, 산내면 지역이 높은 것으로 나타났다. 계절별·대수층별 지하수위 변동은 전반적으로 계절별로는 지하수위의 변동이 거의 없었으며, 대수층 유형별로는 현장자료분포의 특성상 차이를 보이고 있었다.



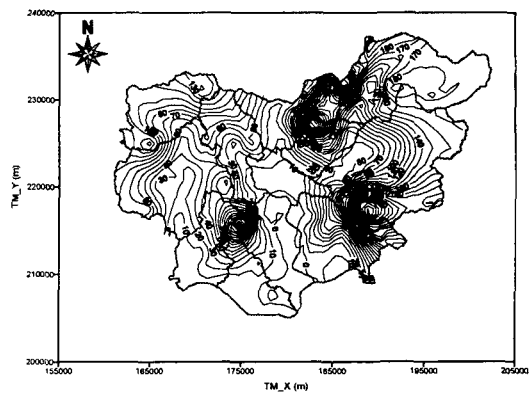
(a) Alluvial Groundwater(spring)



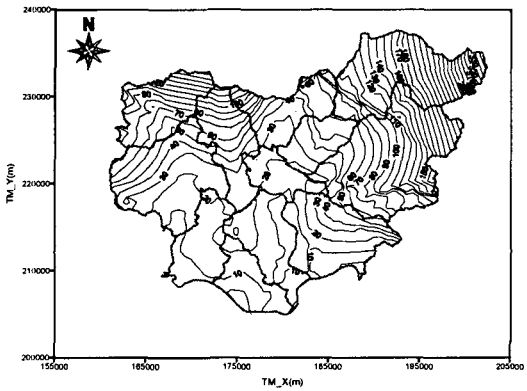
(b) Bedrock Groundwater(spring)



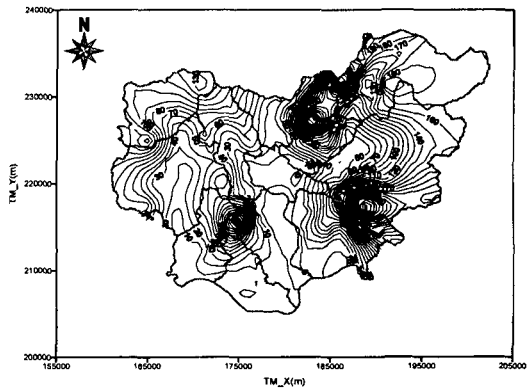
(c) Alluvial Groundwater(summer)



(d) Bedrock Groundwater(summer)



(e) Alluvial Groundwater(full)



(f) Bedrock Groundwater(full)

Fig. 1. Contour maps of the Milyang groundwater levels.

먼저, 계절별 지하수위 변동은 밀양시에서 조사된 지하수공 대부분이 농업용수로서 봄과 가을에는 농업용수 사용량이 비슷하고, 여름과 초가을에는 농업용수의 사용량이 증가하지만 또한, 강수량이 증가함에 따라 전체적으로 지하수위 변동이 크지 않은 것으로 나타난다. 대수층 유형별 지하수위 변동 양상은 표고와 현장자료의 분포도에 민감하게 반응하는 것으로 나타났다. 지하수위에 가장 크게 영향을 미치는 인자는 표고라는 것은 많은 연구에서 확인되어 왔다(정상용 등, 1999; 심병완 등, 2000). 밀양지역의 대수층 유형별 지하수위 등치선도 분석 결과, 암반대수층

의 현장자료는 밀양시 전역에 비교적 고루 분포하고 있으나, 충적대수층은 삼랑진읍과 단장면의 경계지역, 상남면과 청도면의 경계지역, 산외면과 상동면의 북쪽 경계지역과 산외면과 상동면의 경계지역 등에서의 현장자료가 부족한 편이다. 이러한 지역들은 표고가 높은 지역들이다. 따라서, 이 지역들에서 충적대수층의 지하수위는 다른 지역에서의 표고과 지하수위의 상관성에 비해 상대적으로 낮게 형성되어 있다. 이러한 지하수위 등치선도가 작성된 것은 강력한 추정기법인 크리깅기법을 이용해 지하수위 등치선도를 작성하더라도 현장자료의 분포도가 연구지역의 지형, 수계 등을 얼마나 잘 반영하고 있는지가 가장 중요하다는 것을 말하는 것이다.

3. 결론

밀양시 전역에서 503공(충적 158공, 암반 345공)의 지하수공을 대상으로 계절별로 총 3회의 지하수위 모니터링을 실시하였다. 지하수위 자료를 이용해 계절별·대수층별 지하수위 등치선도를 작성하였다. 작성된 지하수위 등치선도 분석결과, 밀양지역에서 조사된 대부분의 지하수공이 농업용으로서 봄과 가을에는 사용량이 비슷하며 또한, 여름과 초가을에는 사용량이 증가하지만 강수량의 증가로 인해 계절에 따른 전체적인 지하수위의 변동은 거의 없는 것으로 나타났다. 대수층별 지하수위 등치선도 분석 결과, 현장자료의 분포도의 차이에 의해 충적대수층의 지하수위가 암반대수층의 지하수위에 비해 밀양시 전역의 지형을 제대로 반영하지 못한 것으로 나타났다. 계절별 및 대수층별 지하수위 변동을 조사하기 위해서는 연구지역의 표고, 강수량, 수계 뿐만 아니라, 지하수공의 분포와 지하수의 용도, 사용시기와 사용량 등의 파악도 중요함을 알 수 있었다.

4. 참고문헌

1. 건설교통부·대한광업진흥공사, 2002, 밀양지역 지하수위/수질관측 조사 보고서, 180p.
2. 농림부·농어촌진흥공사, 1998, 밀양시광역수맥조사보고서, 142p.
3. 심병완, 정상용, 강동환, 김규범, 박희영, 2000, 영산강·섬진강 유역의 지하수 데이터베이스 자료에 대한 지구통계학적 분석, 지질공학, 10(2), p.131-142.
4. 정상용, 유인걸, 유명재, 권해우, 허선희, 1999, 불균질·이방성 대수층의 지하수 유동분석에 지구통계기법의 응용, 지질공학, 9(2), p.147-159.
5. Matheron, G., 1963, Principles of Geostatistics, Economic Geology, 58, p.1246-1266.