

— 보고서 —

## 이라크, 아르빌 하수도 기초시설의 현황과 전망

— Report —

### Survey Report on Status and Perspective of Sewerage System in Erbil, Iraq

김연권\* · 최병섭 · 김우구

Youn-Kwon Kim\* · Byoung-Seub Choi · Woo-Gu Kim

한국수자원공사, 수자원연구원

#### 1. 서 론

본 특별기고문은 한국정부 지원의 일환으로 자이툰 부대가 주둔하고 있는 이라크 아르빌시 상하수도 분야 기술자문을 위한 현지조사 실시결과 중 저자의 책임분야인 하수도와 관련된 현황분석결과와 전망에 대해 기술하였다.

##### 1.1. 이라크 일반현황

이라크의 정확한 명칭은 이라크공화국(Republic of Iraq)으로 지난 1932년 10월 3일 영국의 위임통치가 종료되었다. 북쪽으로는 터키, 동쪽으로는 이란, 서쪽으로는 요르단과 시리아, 남쪽으로는 쿠웨이트 및 사우디와 국경을 접하고 있는 이라크의 국토는 한반도의 약 2배에 달하는 441,839km<sup>2</sup>로서 평야(30%), 사막(38%), 산악(21%)으로 구성되어 있으며, 주요 하천으로는 인류문명의 발상지인 티그리스강과 유프라테스강을 가지고 있다(Fig. 1). 이라크 인구는 2001년말 현재 약 2천3백만명으로 아랍계(80%)와 북부 지역의 쿠르드계(15%), 그리고 기타(5%)로 나눌 수 있다. 아랍어를 공용어로 사용하고 있는 이라크는 다른 중동국가와 마찬가지로 회교를 국교로 하고 있

며, 일부 종교의 자유를 인정하고 있다.

지난 1991년 걸프전 발발 전, 이라크의 상하수도는 그 당시의 신기술이 적용되어 효율적으로 운영되었던 것으로 보고되고 있으나, 전쟁 이후 상수도 관망과

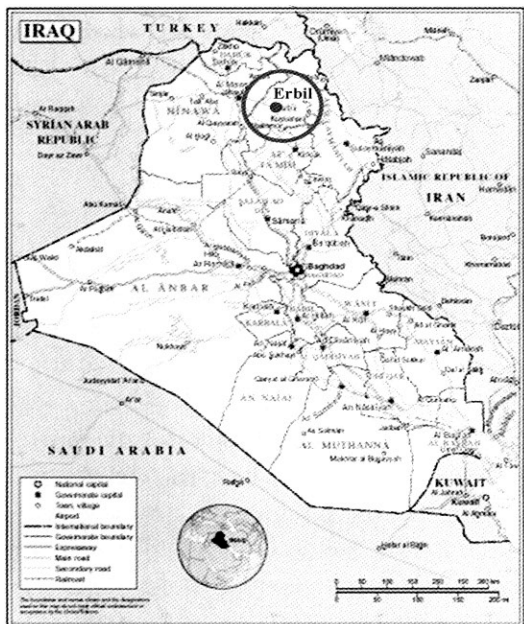


Fig. 1. 이라크 조사대상 지역도.

\*Corresponding author Tel: +82-42-860-0395, FAX: +82-42-860-0399, E-mail: kyk90@kowaco.or.kr (Kim, Y.K.)

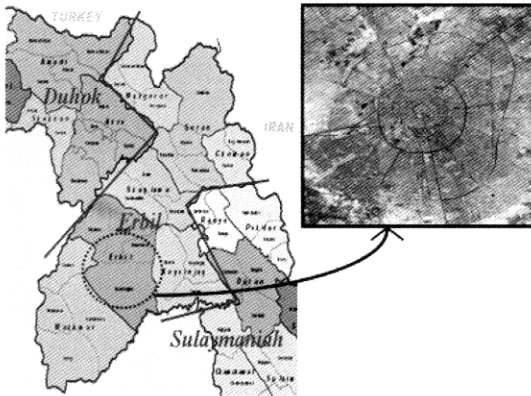


Fig. 2. 아르빌시 행정구역도.

하수처리장의 파괴, 관리부실 등으로 인해 수인성 질병의 증가와 위생환경의 악화가 진행 중인 것으로 보고 되고 있다. 특히, 하수도 시설의 경우 바그다드의 3개 주요 하수처리시설이 파괴되었고 처리시설의 가동율 또한 30~50%인 것으로 보고 되고 있으며, 중·남부 지자체의 9개 하수처리시설 역시 전쟁으로 인해 모두 파괴되어 복구가 필요한 것으로 보고 되고 있다. 환경기초기반시설이 파괴된 이라크의 복구를 위해 임시행정처(Coalition Provisional Authority, CPA)가 설립되었으며, USAID, UNICEF, UNDP, ICRC 및 NGOs 등 국제단체의 지속적인 복구 노력이 진행 중에 있다.

### 1.2. 아르빌 일반현황

금번 조사대상지역인 아르빌시는 아르빌주의 수도로서 이라크 바그다드에서 북쪽으로 316km, 모술에서 서쪽으로 80km 떨어져 있다. 아르빌주는 Duhok, Sulaymaniyah와 함께 3개 쿠르드족 자치정부(Kurdistan Regional Government)가 관할하는 자치주 중의 하나로 아르빌시를 비롯하여 총 7개의 District로 구성되어 있으며 면적은 14,471km<sup>2</sup>이다(Fig. 2).

아르빌시는 아르빌주의 수도로 북쪽 대자브(Great Zab)강과 남쪽 소자브(Small Zab)강 사이에 해발 360m~480m의 고원평야지대에 위치하고 있다. 아르빌시의 행정구역은 우리나라의 동에 해당하는 4개 Sub-District(Ainkawa, Khabat, Bnaslawa, Qushtapa)로 구성되어 있으며, 대부분 중동의 도시형성이 그렇듯이, 도심 중앙에 건설된 고대성곽을 중심으로 방사형

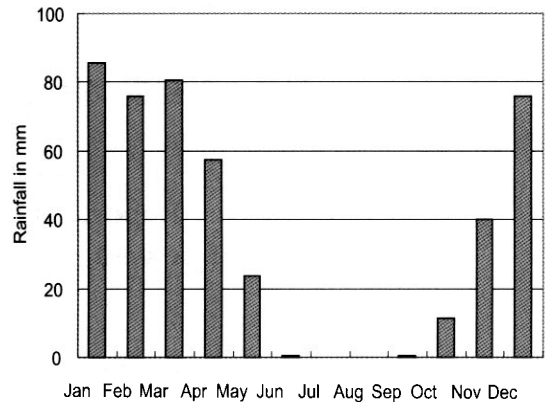


Fig. 3. 월별 강수량 분포도

도시로 발달하였다. 2002년 UN기구의 보고자료에 따르면 아르빌시 지역의 인구는 약 66만 여명으로 추정하고 있으나, 전쟁종료 후 타지역으로 강제 이주되었던 인구의 유입으로 현재 약 85만여 명이 살고 있는 것으로 추정되고 있으며, 조사기관에 따라 약 100만 내지 150만명 정도로 추산하고 있다. 아르빌의 기후는 건조한 대륙성 기후로써 여름에는 55°C까지 올라가고 겨울에는 영하 이하로 떨어지며 약 425mm의 연평균 강수량을 보이고 있다(Fig. 3).

## 2. 본 론

### 2.1. 도시 관리부(Ministry of Municipalities; MOM)

Fig. 4에서 보는 바와 같이, 아르빌 주정부에는 도시 관리부를 포함 총 15개부가 있으며 도시 관리부는 7개의 General Directorate로 구성되어 있다. 아르빌시의 상하수도 관리는 General Directorate of Water and Sewerage 내의 상수도국(Water Directorate) 및 하수도국(Sewerage Directorate)에서 각각 담당하고 있다. 상수도국에서는 아르빌주 내 취수장, 정수장, 관로 및 생활용수공급 등 모든 상수도시설의 유지, 관리를 담당하고 있으며, 하수도국에서는 우·오수에 대한 관리책임은 있으나 시설물 유지·관리를 위한 제도나 체계적인 하부조직은 구성되어 있지 못하다.

### 2.2. 상수도 현황

아르빌시는 대자브강과 아르빌 일원의 대수층 심



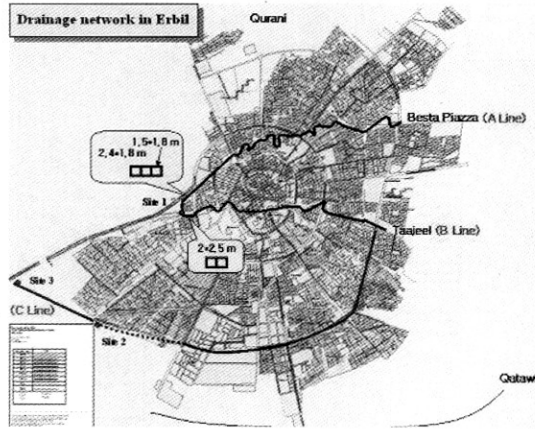


Fig. 5. 아르빌 시내 우수 관망도.

### 2.3.2. 하수처리장

아르빌시는 도심발생하수에 대해 자체적으로 조사한 그 어떤 자료도 보유하고 있지 못한 실정으로 UN 산하기관이나 외국 업체에서 조사한 결과에 의존하여 도심발생하수의 수질과 수량을 추정하고 있다. 다음 Fig. 7과 Fig. 8은 아르빌 지역에서 수행된 거의 유일한 실측 수질자료로서 지난 2001년 Arab Kand 지역에서 실측된 아르빌 하수발생량 측정결과

와 Newroz Quarter, Southern Industrial, Textile Industry 등 3개 지역에서 실시된 발생하수성상 특성 분석결과이다. 그림에서 확인할 수 있듯이, 발생하수의 유기물 성분인 BOD과 COD는 (Textile Industry 제외) 약 40~80과 70~160mg/L 수준을 나타내고 있으며, 영양염류인 암모니아와 인 농도는 (Textile Industry 제외) 급격한 농도 증가를 보인 4월달 결과를 제외하고는 대부분 4~15와 2~8mg/L 수준을 나타내었다. 또한 11월부터 이듬해 4월까지의 기간이 우기인 점을 감안하면, 하수내 오염물질별 발생농도와 변화패턴이 강우사상에 의한 영향을 받고 있음을 추정할 수 있다. 이와 같은 건기시 오염물질별 발생농도와 변화패턴 자료는 제한적으로나마 아르빌시의 하수도 기초시설의 기초설계자료로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

### 2.3.3. 하수관련 기타 시설

아르빌시의 하수관련 기타 시설로서 분뇨 저장조(Cess-pit)과 정화조(Septic Tank)를 들 수 있다(Fig. 9). 각 가정과 공공건물은 각각의 분뇨 저장조를 가지고 있으며 환경에 따라 그 규모와 재질이 달라진다. 일반적으로 암반지대에서는 분뇨 저장조의 내벽을 별도로 만들지 않고 암반을 그대로 이용하는 반

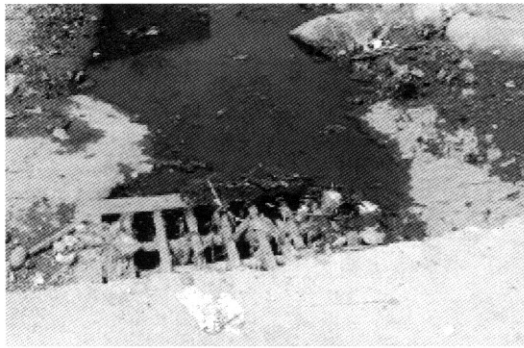
Table 1. 아르빌 우·오수관거 현황

구 분	기존시설	세 부 내 용
하 수	처리장 관 거	처리장 없음 관거 없음
우수(총 120km)	박스 (Box Culvert)	베스타 피아자(A Line: Besta piazza): 6.5km, 3 Box culverts (2.4m 1.8m, 1.5m 1.8m) 타질(B Line: Tajjeel): 6km, 2 Box Culverts (2m 2.5m)
	홍관(H/Pipe)	쿼타위(C Line: Qatawi) 인근, 퀴라니(Qurani) 부근 건설 중 D = 200~1200mm
기 타	정화조	가정별 정화조(Septic Tank), 분뇨 저장조(Cess-pit) 보유

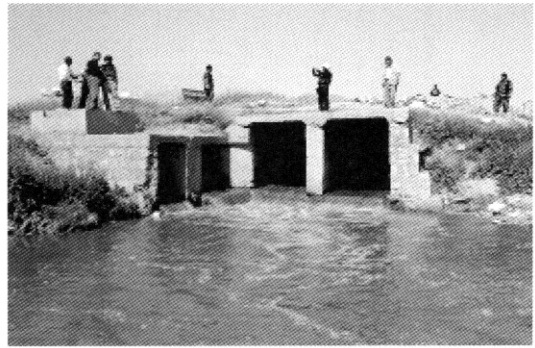
Table 2. 아르빌시 하수 발생량 추정결과

Items	Unit	2003	2018	2033
Peak Daily Sewage Flows	m <sup>3</sup> /d	108,266	159,340	283,747
Hourly Peak Factor	-	1.4	1.4	1.4
Peak Hourly Flow	m <sup>3</sup> /h	6,316	9,295	16,552
Peak Daily BOD <sub>5</sub>	kg/d	20,107	49,320	97,585
Peak Daily COD	kg/d	37,181	109,554	215,167
Peak Daily TSS	kg/d	27,336	64,676	127,117

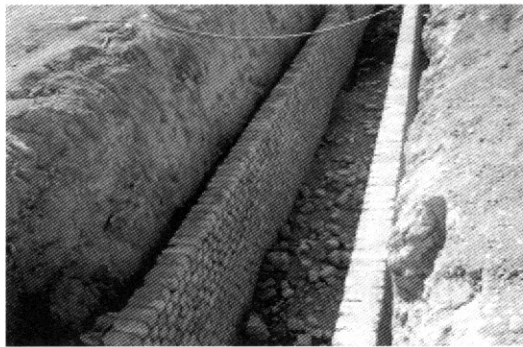
\*프랑스(SEURICA), (인구 670,000 기준; 300 lpcd 적용)



a) 가정하수 도로유출 및 측구 유입



b) 우수관거 합류지점(Site 1)



c) 신설 우수관거 공사현장 (관거, Site2)



d) 아르빌시 발생하수 최종 합류지점(Site 3)

Fig. 6. 아르빌 시내 하수관거 관련 현황사진

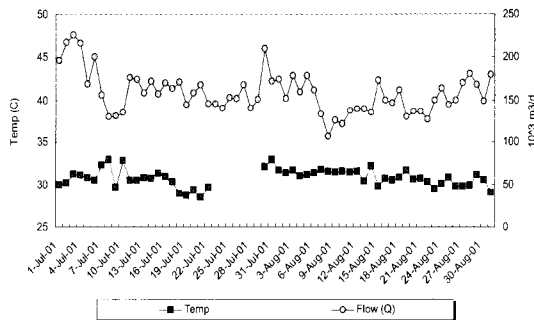


Fig. 7. 건기시 유량 발생특성(Arab Kand).

면, 일반 토양에서는 분뇨 저장조의 내벽을 벽돌로 쌓거나 별도의 방수처리 없이 일반 굴착만 하여 사용하는 경우가 대부분이다. 정화조는 근래에 지어지는 신규건물과 공공건물에 대해 적용되고 있는 시설물로서 분뇨 저장조와 달리 콘크리트로 제작되며 정화조를 거친 최종 처리수(상등액)는 분뇨 저장조로 이송

되어진다.

### 3. 문제점 분석과 전망

이라크, 아르빌시에 나타나는 다양한 환경문제들의 시발은 전쟁과 사담 후세인에 의한 Green line 설정 등에 따른 이라크의 내부적 경제사정으로 인해 환경문제 대한 중요성을 인식할 수 없었다는 사실 이외에도 환경문제에 대해 국가적 차원에서 장기적인 계획을 갖지 못하고 적절하게 대응하지 못했을 경우에 나타날 수 있는 최악의 경우를 보여주는 사례라고 판단된다. 현재 아르빌 시내 하수도 시스템의 현황과 문제점을 요약하자면 '우수관거의 우수관거화 현상'과 미처리된 가정하수(Gray water) 및 화장실 발생오수(Black water)에 의한 '토양오염 및 지하수 오염'으로 요약할 수 있다(Fig. 10). 하수도 시스템이 제대로 갖춰지지 못 한 대부분의 저개발 국가에서 볼 수 있

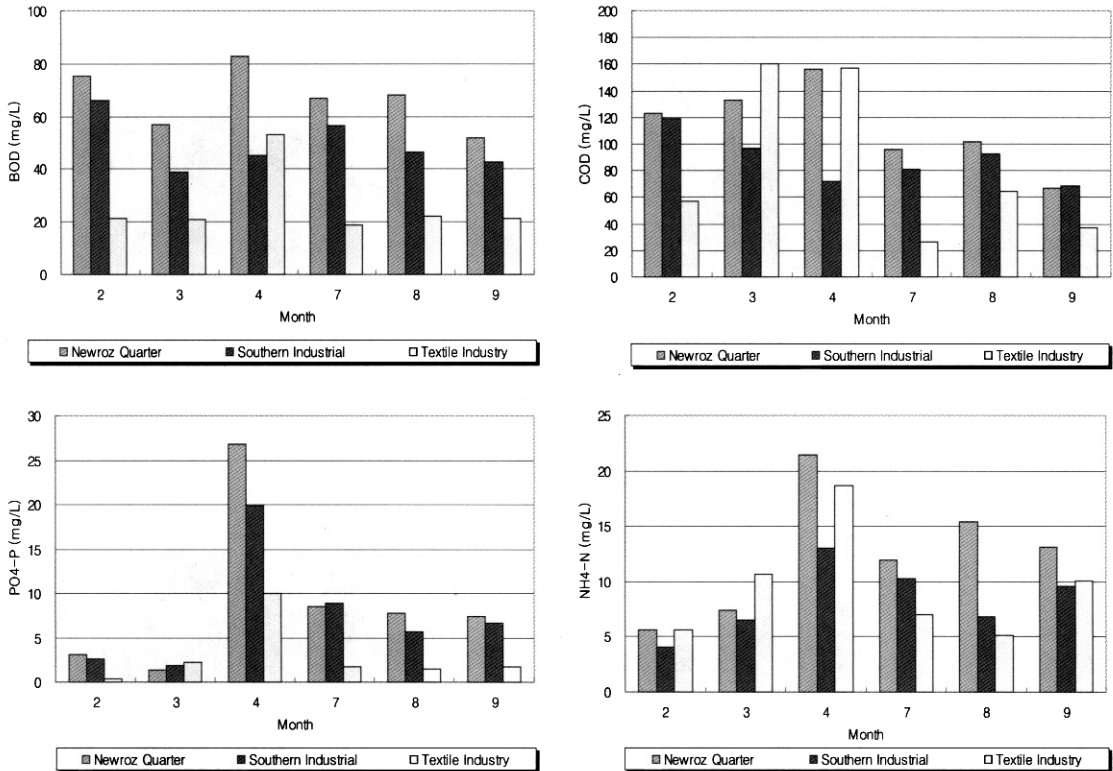


Fig. 8. 아르빌 발생하수 정상분석.

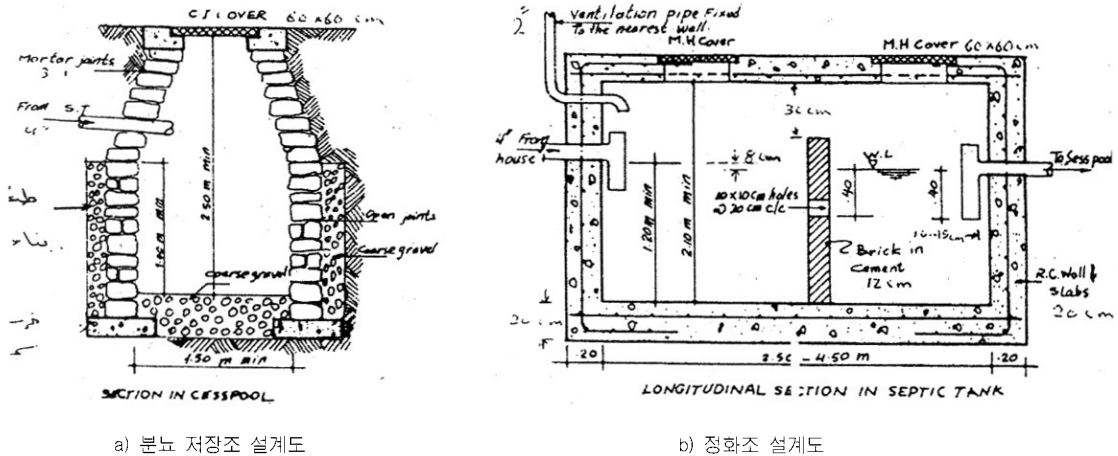


Fig. 9. 아르빌 화장실 관련 시설물.

듯이, 아르빌시에서의 하수도 관련 문제들은 물의 순환과 함께 각종 수인성 질환과 2차 환경오염문제와 연계되어 문제의 심각성이 점차 증폭되고 있는 실정이다.

### 3.1. 우·오수 관거(Sewer Network)

우·오수관거와 하수처리장을 갖추고 있지 못한 아르빌시에서의 하수도 시스템 상의 문제는 크게 하수배제 시스템, 즉 관거 문제와 하수처리의 문제로

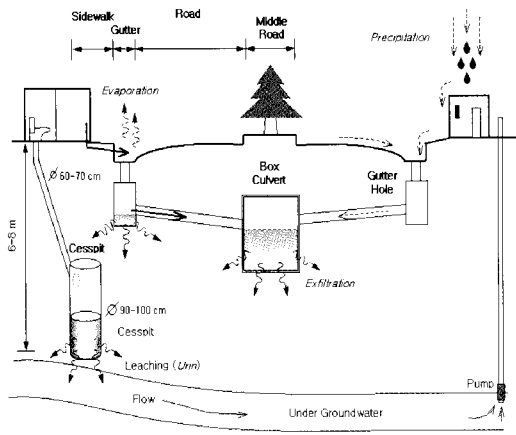


Fig. 10. 분뇨 저장조와 2차 오염간의 상관관계도.

나누어 생각할 수 있으며, 하수배제 시스템의 문제는 다시 우수관거와 하수관거의 문제로 나눌 수 있다. 먼저 기존 건설되어 있는 우수관거의 경우, 정확한 자료가 없어 관거의 매설위치와 노후정도 및 관거의 상태 등이 정확히 파악되고 있지 못한 실정이다. 기존 우수관거의 일부 구간에서는 역경사와 불법 오점 (illegal connection)이 이루어져 있어 각 가정에서 발생하는 가정하수를 이송하는 오수관거의 기능을 수행하고 있으며 우수관거로서의 기능은 이미 상실한 상태이다. 또한, 우수받이를 통해 유입되는 토사에 대한 방지와 관리가 적절하게 이루어지지 않아 토사퇴적으로 인한 통수능 확보 곤란 등 다양한 문제들이 발생하고 있는 실정이다.

이와 같은 문제의 해결을 위해서는 우선적으로 현재 설치되어 있는 우수관거에 대한 기술진단과 현황 파악을 실시하여 정확한 DB를 구축하고, 두번째로 관거 미연결 및 역경사 구간에 대한 보수 등 기능적 부실부분에 대한 해결과 오점현황 파악 및 오염방지를 위한 조치 등 관거의 유지관리에 대한 대책을 강구해야만 한다. 아르빌시에 대한 우수관거 신설계획 시에는 기존 우수관거의 활용도를 최대한 높일 수 있도록 우수배제시스템이 구상되는 것이 바람직할 것으로 판단되며, 중동지역의 특성(건기, 강수량, 모래 유입 및 물 사용패턴 등)을 고려한 효과적인 우수배제 시스템의 채택이 필요할 것으로 판단된다. 아르빌은 짧은 우기기간 중 매우 적은 강수량을 가지고 있어 해당지역에서의 관거 시스템 선정시 우수배제 시스템

에 대한 중요성이 상대적으로 약해지는 만큼, 사업규모와 사업비 절감 및 유지관리에 적합한 우수배제 시스템의 채택이 필요하다. 이외에도 평탄지역인 아르빌의 특성과 모래와 협잡물의 유입방지를 위한 장치형 시설 등에 대한 고려도 필요할 것으로 생각된다.

아르빌 시내에서 발생하는 생활오수와 상업 및 공장폐수의 처리를 위한 하수관거시스템 신규건설은 무엇보다 가장 시급한 조치사항으로 판단된다. 하수관거 신설시 아르빌 장기 Master Plan(년차별 개발계획 포함)에 기초하여 지역별, 단계별로 개발우선순위를 부여하고 체계적·지속적으로 하수배제 시스템을 구축해 나아가야 할 필요가 있다. 아르빌시는 매우 복잡한 환상-방사형 도로망과 도심구조를 가지고 있어 상황에 따라 도심 외곽 신설지구에 대한 시범사업 형태의 하수배제시스템의 도입과 확대방안의 마련도 바람직 할 것으로 사료된다.

### 3.2. 하수처리장

하수처리시설을 갖추고 있지 못한 아르빌시는 1980년대 독일에서 시내 일부지역을 대상으로 하는 하수처리장의 설계(일반 활성슬러지법)를 실시한 바 있으나, 현재는 관련 사업구상에 대한 개략적 도면(관거 및 하수처리장 도면) 이외엔 별도의 관련자료가 확보되어 있지 않다. 하수배제방식의 선정과 관련하여 2000년 초반 프랑스에서 아르빌 시의 하수도 기초시설로 합류식 하수 시스템과 활성 슬러지 공정으로 하수처리장을 제안한 바 있다. 제안된 합류식 하수관거는 기존 우수관거와 연계하여 활용토록 구성되었으나 앞서서도 언급한 바와 같이 중동지역의 특성인 강우특성과 모래 및 자갈 등의 유입에 대한 특별한 고려없이 계획되어 구체적인 대안을 제시하지 못한 것으로 판단되었다. 이와 같은 특성을 고려하여 하수처리장 건설시 아르빌의 하수처리장은 단순하고도 집적화(Simple & Compact)된 하수처리공법이 필요할 것으로 판단된다. 이는 장차 구성될 환경관련 전문조직과 인력의 확충방안에 따라 융통성 있는 공정선정과 연계되어야만 하며, 하수처리장 방류수의 관계용수 재활용, 슬러지 소화조를 이용한 에너지 재활용 등 하수처리장의 활용도를 최대화 할 수 있는 다목적 공정으로의 구성도 고려해야만 할 것으로 판단된다.

### 3.3. 기타 하수관련 시설

각 가정별로 설치되어 있는 분뇨 저장조와 정화조는 기능상의 고·액 분리조의 역할을 하는데, 분뇨 저장조의 경우 별도의 내부방수처리가 되어있지 않아 유입된 분뇨는 토양을 통해 액상 오염물질의 유출이 이루어지고 있었다. 이와 같이 토양을 통해 이동하는 오염물질은 정화조와 분뇨 저장조 부근의 토양오염과 지하수오염(질산염 농도 증가)의 직접적인 원인으로 판단되고 있다. 정화조의 경우, 분뇨 저장조와 마찬가지로 단순한 고·액 분리와 일부 혐기성 소화 기능을 수행하고 있으며, 가장 큰 문제점은 정화조를 통해 발생하는 여액(상등수)이 기존의 분뇨 저장조로 이송됨으로서 토양오염과 지하수 오염의 주요 원인이 되고 있다. 이 문제의 해결을 위해서는 분뇨 저장조와 정화조의 구조적·기능적 문제점을 해결할 필요가 있는데 이를 위해서는 단계적으로 각 가정별로 설치되어 있는 정화조와 분뇨 저장조에 대한 대대적인 개선·개량사업이 필요할 것으로 사료된다. Fig. 11은 아르빌 일반 가정 발생하수량에 대한 물수지 분석도

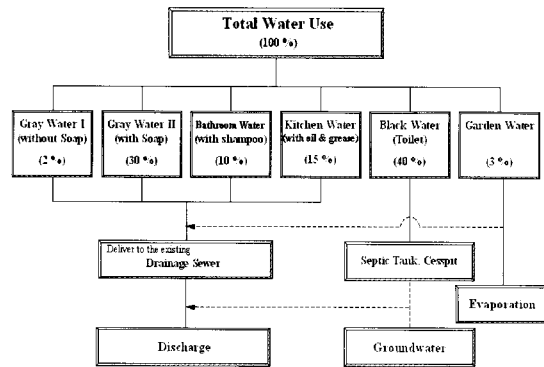


Fig. 11. 아르빌 발생하수 물수지 분석도.

를 중심으로 하수처리 발생량, 원단위, 수질측정자료 등 각종 통계/현황자료를 수집·활용하여 환경관련 DB를 구축하여 활용하는 방안도 강구해야 할 것으로 사료된다.

### 4. 결 론

한국정부 지원으로 이라크 아르빌시에 대한 상하수도 기술자문을 실한 결과 하수도 분야에 대한 현황 분석과 전망은 다음과 같이 요약될 수 있었다. 먼저, 이라크 아르빌시는 하수관거와 하수처리장 등 기본적인 하수도 기초기반시설이 구축되지 않은채 인구 85만의 대도시 성장한 비정상적 도시로써 공중보건과 개인위생 및 토양, 지하수 오염 등 환경상의 많은 문제점들을 내재되어 있다. 아르빌 시에 현재 건설되어 있는 우수관거에 대한 조사·정비와 함께 아르빌의 지역적 특성과 장기 도시개발계획에 따른 효과적인 하수배제 시스템을 선정·적용하고 Compact 하고도 융통성 있는 하수처리공법의 하수처리장을 우선적으로 건설해야만 한다. 이 외에도 아르빌 시의 특성을 고려한 사업우선순위에 따라 정화조 및 분뇨 저장조의 개량화 작업을 실시하여 토양오염 및 지하수 오염 방지 및 완벽한 하수도 시스템을 구축토록 해야하며, 하수도 시스템에 전반 대한 관리·감독권을 갖는 환경전문기관의 운영과 전문인력의 양성에 따른 관리·감독 이외에도 DB 축적에 따른 효과적 운영을 도모하여야 할 것으로 판단된다.

### 3.4. DB 구축과 하수관련 전문인력 양성 및 전문관리기관 마련

현재 아르빌시 도시 관리부에서 보유하고 있는 우수관거와 각종 통계자료는 대부분 국제기구나 외부기관에서 조사한 자료로써 특정 목적으로 자체조사된 실측자료가 전무하며, 보유중인 자료 역시 조사기한이 오래되었거나 부정확하여 제한적 참고자료로만 이용이 가능하다. 또한 하수관리에 대한 법적·제도적·행정적 지원의 부재와 하수관련 전문가 및 관리감독기관의 부재로 인한 효율적 하수관리가 어렵다. 이와 같은 문제의 해결을 위해서는 하수관거와 처리장 등 하수도 시스템 전반에 대한 전문인력의 양성과 함께 전문관리기관의 마련을 통해 환경기초시설의 건설, 유지/관리에 활용토록 해야 할 필요가 있다. 이들