

— 보고서 —

베트남 북부지역의 하수도 현황 조사

— Report —

Field Survey on the Status of Sewerage System in Northern Vietnam

서인석¹ · 김연권*¹ · 이윤섭²

In-Seok Seo¹ · Youn-Kwon Kim*¹ · Yoon-Seob Lee²

1 한국수자원공사, 수자원연구원
2 환경부

1. 개 요

베트남은 중국, 인도 등과 함께 성장 잠재력이 풍부하고 빠른 경제개발을 이루고 있는 국가로 2003년 세계은행의 보고서에 따르면 당분간 베트남의 연간 경제성장률은 7%를 상회할 것으로 평가받고 있다. 1986년부터 1991년까지 베트남은 사회, 경제, 정치적으로 많은 변화를 이루게 되었는데, 특히 복합경제구조(Multi-Sectoral Economic Structure)와 시장기능의 수용은 급격한 경제발전으로 이어졌으며 상대적으로 다양한 환경문제를 유발하게 된 계기가 되기도 하였다. 베트남의 급속한 경제개발은 잠재적 환경문제의 우려와 적절한 대안마련의 필요성을 강하게 부각시키고 있으나 기존 시설에 대한 정확한 정보와 자료의 부족으로 어려움이 따르고 있다. 베트남은 도심지역내 크고 작은 호소를 가지고 있으며 이는 홍수시 적절한 치수대책으로 활용되어 왔으나 최근에는 수질오염문제의 근원이 되고 있다. 베트남에서의 수질오염문제는 열악한 위생문제와 직결되는 중요한 사안이나 수질오염을 관리하기 위한 하수처리 시스템의 대부분이

과거 프랑스 식민지 시절에 건설된 후 적절한 관리가 이루어지지 않아 현재는 대부분의 그 기능이 상실되어 있는 실정이다.

2002년 WEHAB(Water, Energy, Health, Agriculture and Biodiversity)의 보고서에 따르면, 아시아 지역은 전 인구의 54%가 정상적인 하수관리 시스템을 이용하지 못하고 있는 것으로 나타났으며, 하수 시스템의 인구대비 미보급을 또한 농촌을 포함한 비도시 지역(약 69%)과 도시지역(26%)의 격차가 심한 것으로 보고되고 있다. 이에 UNEP(United Nations Environmental Programme)는 아시아 지역에서의 하수관리 현황에 대한 현지조사와 적용 가능한 하수관리 지침서를 작성을 통해 아시아 지역의 하수관련 위생문제를 해결하고자 하였으며 이를 위해 한국 수자원공사 수자원연구원과 함께 공동연구를 진행 중에 있다. 금번 기고문은 UNEP와 공동현지조사의 일환으로 지난 2005년 11월 25일부터 4박 5일간 베트남 북부 하노이와 '하이퐁' 지역에서 실시된 현지조사 보고서이다. 지금까지 베트남에 대한 하수도 관련 자료와 기술수준의 평가는 전무한 상태로 금번 보고서를 통해 베트남의 대표도심지역을 중심으로 개발되고

*Corresponding author Tel: +82-42-860-0395, FAX: +82-42-860-0399, E-mail: 201commando@hanmail.net (Kim, Y.K.)

있는 하수도 사업과 수준, 그리고 장래 계획에 대해 소개하고자 한다. 또한 베트남 사업을 준비 중인 국내 관련 기업들에게 해당지역에 대한 특성 이해와 적정 하수도 시스템 구축을 위한 관련기술의 마련 및 교류방안 수립에 도움이 되길 바란다.

2. 조사지역

프랑스 지배하에 건설되기 시작한 베트남의 하수 관련 시설들은 우수배제와 홍수방지를 목적으로 합류식 하수관거 시스템에 집중되었다. 현재 베트남에는 실증규모의 하수처리장은 단 한 곳도 존재하지 않으며 배출되고 있는 가정하수와 의료 및 산업폐수들은 모두 미처리된채 인근 수체로 배출되고 있는 실정이다. 이들 폐수에는 납과 수은 등 다양한 중금속과 유해오염물질을 함유하고 있어 그 심각성이 매우 크다. 베트남의 북부지역에 위치한 강들 중 일부는 도심지, 산업단지 또는 특성화된 마을을 통과하면서 수질이 현저하게 나빠지고 있다. 북부지역을 흐르는 대표적인 강인 홍강(Hong River)의 BOD, COD, 대장균 수준은 베트남 수질기준에 비해 3~5배 가량 높으며 건기시에는 더욱 악화되는 것으로 나타났다. 호소의 경우는 대부분이 강우시 발생하는 지표유출과 공업지역에서 발생하는 유량을 통해 고농도의 질소와 인 성분이 유입되어 수질이 악화되고 있는 것으로 보고되고 있다.

2.1. 하노이 시(HANOI City)

2.1.1. 생활하수 발생량

하노이 시에는 약 370여 공장과 29개의 병원 그리고 10여 개의 산업지구가 위치해 있다. 인구는 약 250만명 정도로 추정되며 일일 발생하수는 약

458,000m³/d로 이중 생활하수가 40~45%, 산업폐수가 약 55~60%를 차지하는 것으로 나타났다. Kim Lien 호수의 경우, 조류의 밀도와 양이 매우 높아 집단사멸시 BOD 증가의 주요 원인이 되고 있는 것으로 나타났으며, 이는 호소의 이취미를 유발과 동시에 검은색으로 만듦으로서 물의 이용을 불가능하게 만들고 있다. 이렇게 발생한 하·폐수는 호수와 인근 강으로 미처리된 상태로 전량 배출되며 그 정도는 Table 1과 같다.

2.1.2. 관거 시스템

하노이 시의 하수배제 시스템은 합류식으로써 주로 우기시 홍수에 대비한 우수배제시스템으로 활용되고 있다. 이 시스템은 1870년 베트남 남부 호치민시를 시작으로 1905년에 하노이 시에 설치·운영되었고, 1954년부터는 베트남 정부의 주도하에 관거복원 사업이 시작되었다. 그러나 급격한 도시화 속도에 미치지 못하는 관거신설 및 보수율은 대도시의 경우 약 40%, 소도시의 경우 약 30%의 기능만을 수행하고 있는 것으로 나타났으며, 최근 하수관거보수작업은 일본국제협력은행(JBIC, Japan Bank for International Cooperation)의 주도하에 계획되고 있다. 하노이 시는 합류식 시스템을 적용했음에도 불구하고 하수의 이용목적보다는 홍수시 원활한 배수를 목적으로 건설되어 있어 차집관로나 우수토실과 같은 정상적인 합류식 하수배제시설은 갖추지 못하고 있다. 각 가정에서 발생하는 생활하수의 경우 정화조를 통해 배출되고 있으나 이 중 약 80%만이 하수관거와 연결되어 있으며 나머지 20%는 관거와 연결되어 있지 않은 실정이다. 또한 상당량의 가정하수가 각 가정으로부터 발생되어 관거가 아닌 비정상적인 경로로 유출되어 도로를 거쳐 빗물받이를 통해 하수관거로 유입되어 인근 호소로 유입되고 있었다(Fig. 1). 하노이 시에 위치한 크고 작은 호소들은 강우시 빗물로 인해 증가하는 유량을 일시적으로 저류하는 기능과 함께 일정량 이상이 되면 수로를 통해 인근 홍강(Red River)으로 방류하는 효과적 홍수조절기능을 수행하고 있다.

2.1.3. 하수처리 시스템

앞서 언급했듯이, 베트남에는 실증규모의 하수처리장이 단 한곳도 존재하지 않는다. 최근들어 JBIC가

Table 1. 하노이 인근 폐수

| Name | Flow(m ³ /d) | Distribution |
|-----------------------|-------------------------|--------------|
| To Lich river | 150,000 | 30% |
| Kim Nguu river | 125,000 | 25% |
| Set river, Lu river | 120,000 | 13% |
| Other lakes and ponds | 62,000 | 22% |
| Unknown | - | 10% |
| Total | 458,000 | 100% |



가) 우수받이를 통한 가정하수 유입



나) 미처리된 오수의 호소 유입

Fig. 1. 하노이 하수배제 시스템.

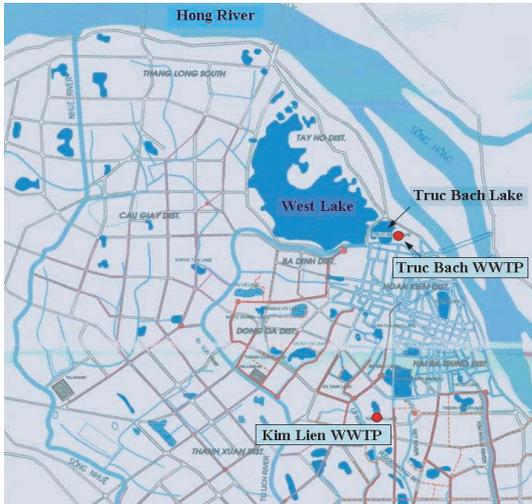


Fig. 2. 하노이 시에 위치한 파일럿 규모의 하수처리장 위치도.

2005년까지 약 200백만 USD를 투자하여 하노이 시내에 유일한 하수처리장 2곳을 건설하였으며, 차후 약 256백만 USD를 투자할 계획이라고 관계자는 전했다.

가. Kim Lien 하수처리장

Fig. 2에서 볼 수 있듯이, 하노이에 중심부 Kim Lien 호소에 위치한 Kim Lien 하수처리장(3,700 ton/d)은 파일럿 규모로 A_2O 공법이 적용되어 있으며 2005년부터 가동을 실시했다. 처리구역은 약 333,800 m^2 에 해당하며 약 15,400명의 주민이 거주하고 있다. 처리장 운영인력은 일일 4교대로 약 20여 명이 근무



Fig. 3. Kim Lien 하수처리장 조감도.

Table 2. Kim Lien 하수처리장 운전현황

| Items | Influent | Effluent | Unit |
|-------|----------|----------|------|
| BOD | 150 | < 20 | mg/L |
| COD | 225 | < 30 | mg/L |

하고 있으며, 경우에 따라 3단계로 운전(1단계-1차 침전 후 반응조 유입, 2단계-1차침전 안하고 반응조로 유입, 3단계-반응조를 거치지 않고 소독조로 이동)하고 있었다. Kim Lien 하수처리장의 처리효율은 Table 2와 같다(반응조의 MLSS = 3,000mg/L).

나. Truc Bach 하수처리장

하노이 시 북부에 위치하는 Truc Back 하수처리장은 인근에 약 600ha 규모의 호소를 가지고 있다(Fig. 2). JBIC에 의해 건설된 Truc Bach 하수처리장(2,300

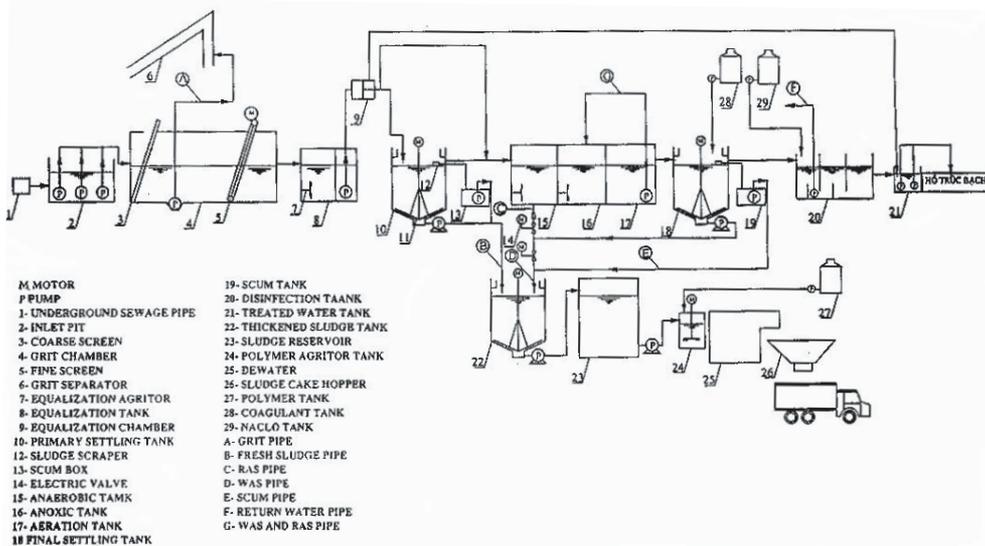


Fig. 4. Truc Bach 하수처리장 공정도.

Table 3. Truc Bach 하수처리장 운전현황

| Items | Influent | Effluent | Unit |
|-------|----------|----------|------|
| BOD | 150 | 20 | mg/L |
| COD | 225 | 35 | mg/L |
| SS | 180 | 20 | mg/L |
| TP | 5 | 1 | mg/L |
| TN | 40 | 15 | mg/L |

ton/d)은 Kim Lien 하수처리장과 마찬가지로 파일럿 규모의 하수처리장으로 배수구역내 약 1만 명 이상의 인구가 거주하고 있다. 2005년 8월30일부터 가동하기 시작한 처리장은 초기 일본 기술자들이 3개월간 시운전 및 기술이전을 했고 현재 1명을 잔류시키고 철수하였으며 현재는 15명이 근무 (8명의 엔지니어) 하고 있다. Truc Bach 하수처리장의 공정도는 다음 Table 3과 같다.

2.2. 하이퐁 시(HAIPHONG City)

하노이 시로부터 약 100km 떨어져 있는 하이퐁 시는 베트남 북부고원의 남쪽에 홍강 하구를 끼고 있으며, 남동쪽으로는 Bac Bo 만, 북쪽으로는 Hai Duong, 남서쪽으로는 Thai Binh 지역과 인접하고 있어 예로부터 북부의 항구도시이자 교통의 중심지가 되었다. 도시전체는 조석간만의 영향을 받는 Cam, Lach Tray 그리고 Tam Bac 하천에 둘러싸여 있어 조류와 홍수

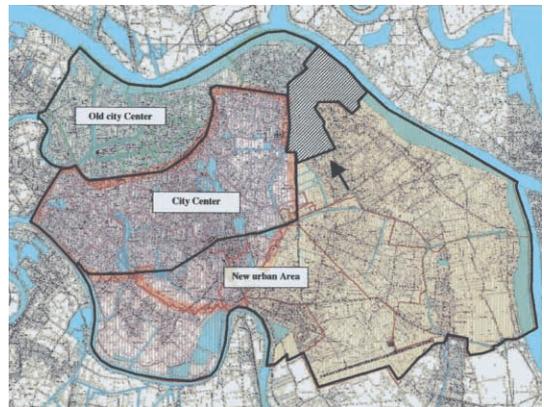


Fig. 5. 하이퐁시의 지역 구분도.

로부터 보호하기 위해 4.5~5.0m 높이의 제방을 가지고 있다.

2.2.1. 관거 시스템

하이퐁의 하수처리 체계는 호소와 수로의 규제, 1차 관망(1등급 네트워크), 2, 3차 관망(2, 3등급 네트워크)으로 이루어졌다.

가. 배수로

하이퐁에는 Dong Bac(북부), Tay Nam(남서부), An Kim Hai 수로 등 유역에 상응하는 3개의 주요 수로 시스템이 있다. 그 중에서도 An Kim Hai 수로는

Table 4. 하이퐁 시내 주요 호소특성

| Lake | Area (ha) | Ave. Depth (m) | minimum (m) | Max. Depth (m) | Existing volume (m ³) |
|------------|-----------|----------------|-------------|----------------|-----------------------------------|
| An Bien | 20 | 1.3 | 0.8 | 2 | 260,000 |
| Cat Bi | 3 | 0.9 | 0.3 | 1.4 | 20,700 |
| Du Hang | 7 | 1.3 | 0.9 | 2.1 | 90,100 |
| Lam Tuong | 2 | 1.1 | 0.9 | 1.6 | 20,200 |
| Mam Tom | 2.4 | 2.3 | 0.9 | 4.4 | 50,520 |
| Quon Ngua | 2 | * | * | * | |
| Sen | 2 | 1.4 | 0.8 | 2 | 20,800 |
| Tam Bac | 5 | 1.7 | 1.2 | 2.5 | 80,500 |
| Tien Nga | 2.5 | 2.3 | 0.9 | 2 | 50,750 |
| Thuong Ly | 2 | 0.9 | 0.8 | 1.2 | 18,000 |
| Trai chuoi | 1 | 1.0 | 0.6 | 1.2 | 9,000 |

Table 5. 현존하는 하수관거의 종류와 연장

| No. | | Circular | | Box culvert | |
|-----|------------|------------|---------|-------------|---------|
| 1 | φ 400-600 | | 15,984m | 1200 x 1000 | 400m |
| 2 | φ 800 | | 12,840m | 1300 x 1200 | 270m |
| 3 | φ 1,000 | | 9,300m | 1200 x 800 | 450m |
| 4 | φ 1,200 | | 3,473m | 1200 x 600 | 2,330m |
| 5 | φ 2,000 | | 395m | 1000 x 600 | 150m |
| 6 | | Dome drain | | 600 x 500 | 15,047m |
| 7 | 1300 x 700 | | 3,417m | 500 x 400 | 3,445m |

주요 배수 운하의 형태로 한 단계 발전될 것으로 예상된다. 이 운하의 중요 역할은 북서쪽과 남동쪽 수로를 연결한다는 것인데, 이로써 남부지역 전체의 통합된 배수 시스템을 형성하게 된다. 현재 이 수로 라인의 Luon 하구부터 Lach Tray Road(남서부 수로와 관련)까지는 Urban Upgrading Project 하에 재건을 위한 준비 중이다.

나. 호소

앞서 언급 했듯이, 베트남의 호소는 대부분 빗물과 폐수의 저장장소로 일종의 유량조정시설의 역할을 수행하고 있다. World Bank가 지원 하는 하이퐁 Sanitation Project - stage 1B에 의해 Sen, Tien Nga, Lam Tuong, Du Hang과 같은 몇몇 호소는 저장능력을 증가시키도록 개선되고 있다. 하이퐁의 전체 호소 면적은 약 50ha에 이르며 각각의 특성은 다음 Table 4와 같다.

다. 하수관거

하이퐁 중심부는 20세기 초에 시공된 합류식 하수배제 시스템을 적용하고 있다. 현재 존재하는 하수관망은 본관부터 소유역의 지관에 해당하는 2, 3 등급

하수관거까지 다양한 하수관경을 포함하고 있다 (Table 5). 이 외에도 우수배제를 목적으로 운용되고 있는 Trunk drains의 총 관거 길이는 약 120.5km로 추정되고 있다.

2.2.2. 하수처리 시스템

하이퐁 시에는 실증규모는 물론이고 파일럿 규모의 하수처리장조차 존재하지 않는다. 2001년 JICA에 의해 시행된 하이퐁 Sanitation Improvement Plan to 2020에 따라 도시지역과 209.21km²에 달하는 Do Son 지역에 대해 우선순위에 입각한 세 개의 Zone으로 구분하여 하수관거 개·보수 및 하수처리장 건설계획이 수립되어 있다.

- Zone A: Hong Bang, Le Chan, (전) Ngo Quyen and Du Hang Kenh commune(Le Chan 남부지역)
- Zone B: Kien An, Do son and communes: Nam Son, An ong(Hong Bang District), Vinh Niem(Le Chan District), Dong Hai, Dang Lam, Dang Hai, Nam Hai(Hai An District)
- Zone C: Minh Duc, Dinh Vu and New Develop-

ment Area

3. 결론

최근들어 급격한 경제성장률을 기록하고 있는 베트남은 점차 심각해지고 있는 환경오염과 위생문제의 해결을 위해 다양한 해결방안을 모색하고 있다. 즉, 하수관거와 하수처리시설 및 고형폐기물 처리분야 등 많은 분야의 환경사업 창출과 적극적인 도입이 필요한 실정이나 기술적 · 재정적으로 충분치 못한 베트남 정부는 외국기업과 정부의 적극적인 참여를 기대하고

있다. 일례로, 하노이와 하이퐁 시는 2010년과 2020년 중 · 장기 계획을 수립하고 추진함에 있어 일본의 절대적인 영향력을 받고 있는 실정이며, 베트남에서의 환경사업에 있어 이와 같은 주도권 확보는 절대적이라 사료된다. UNEP와 공동연구수행의 일환으로 실시된 금번 베트남 북부지역 하수관련 현황조사결과가 당초 UNEP가 추구하는 전 세계적 하수관련 문제 해결에 도움이 되길 바라고, 나아가 국내 환경분야의 관련 기업들이 해당지역 진출에 대한 전략수립과 투자에 있어 베트남 하수현황에 대한 정확한 이해와 전략수립에 도움이 되길 바란다.