# 아름다운 나라, 친절한 사람들
## - 덴마크 DHI User Conference를 다녀와서 -

김 원 (한국건설기술연구원 선임연구원)

지난 6월 9일부터 13일까지 덴마크에서 열렸던 제 2회 DHI(Danish Hydraulic Institute) Software User Conference에 다녀왔다. 갑자기 결정된 해외출장이었기 때문에 별다른 준비없이 기존에 가지고 있었던 자료에 대한 검토만을 끝낸 후 출발하였다. 다행히 큰 어려움이 없었던 것은 그전부터 DHI에 많은 관심을 가지고 있었고 DHI에서 만든 모형들을 직접 실행해 볼 수 있는 기회는 없었지만 이론적인 배경과 현재의 상황에 대해서 여러 문헌을 통해 보고 들을 수 있는 기회가 있었기 때문이었던 것 같다.

수자원 분야에서는 많은 수리모형이나 수치모형, 또는 개념 모형을 사용하고 있다. 이러한 모형들은 컴퓨터의 발달과 더불어 더욱 활용도가 높아지고 있고 실제 현장에서도 그 활용빈도는 증가하고 있는 실정이다. 우리나라에서도 이러한 모형의 활용이 증가하고 있으며 근래에 와서는 모형의 개발을 위해 나름대로의 노력을 하고 있으나 아직까지 우리나라의 기술에 의해 개발된 고유모형은 거의 없고 모두 외국에서 개발된 모형을 들여와서 사용하고 있다.

수자원 분야에서 개발된 모형은 개발국에 따라 크게 유럽계통과 미국계통으로 나눌 수 있다. 유럽계통 모형의 특징은 기본개념에 아주 충실하다는 것과 모형의 가격이 매우 비싸다는 것이다. 반면 미국계통의 모형은 실용적인 면에 충실하다는 것과 비교적 가격이 싸다는 것이다. 우리나라에서는 지금까지 주로 미국의 모형을 들여와서 이용하는 경우가 많았고 유럽에서 개발된 모형은 많이 이용하지 않고 있는 실정이다. 유럽의 국가중에서도 덴마크와 네델란드는 수자원분야에서 상당히 앞서 있는 국가들이며 많은 모형이 오랜 기간 동안의 검증을 거쳐 개발되었고 세계적으로 널리 사용되고 있다.

미국쪽의 모형에는 어느 정도 경험을 가지고 있지만 유럽쪽의 모형에 대해서는 사용경험이 없는 필자로서는 새로운 모형을 직접 접해 볼 수 있고 유럽국가들의 모형이용현황이나 기술수준 등을 파악할 수 있는 좋은 기회가 될 것이라는 기대감을 안고 서울을 출발하였다.

### 덴마크, 아름다운 나라

덴마크 코펜하겐 공항에 내리자마자 느끼는 감정은 다른 나라들과는 사뭇 달랐다. 수도인 코펜하겐에 있는 덴마크의 대표적인 공항임에도 불구하고 비행기에서 내려 공항을 빠져나가는 순간까지 번잡하거나 입국심사를 위해 오랫동안 기다리거나 까다로운 절차를 통과하거나 하는 일없이 모든 일이 자연스럽고도 여유있게 처리되었다. 시내로 들어가는 길에도, 시내에도, 교외에도 모든 것이 깨끗하고 어딜가나 나무가 무성하다.

산이 없는 나라. 그러나 나무에 파묻힌 아름다운 나라. 모든 사람의 덩치가 큰 바이킹의 후예. 그러나 모든 것을 세심하게 가꾸며 즐기면서 사는 사람들. 이런 것들이 필자가 느낀 덴마크에 대한 대표적인 인상이었다.

덴마크에는 산이 거의 없다. 덴마크에서 가장 높은 산의 표고가 147m이다. 산이 없으니 강도 많지 않다. 강이 많지 않은 나라에서 수리 관련 기술이 발달한 것은 무슨 연유일까? 산이 없지만 지평선은 보이지 않는

다. 다만 우거진 나무들, 잘 가꾸어진 농경지, 목장, 주위 자연과 조화롭게 지어진 집, 이런 것들만 보인다.

자전거 천국. 모든 도로에는 자전거 전용도로가 설치되어 있어 오로지 자전거만 다닌다. 사람도 자전거 전용도로로는 다니지 않는다. 기차에도, 지하철에도 자전거를 가지고 탈 수 있는 객차가 따로 마련되어 있다. 기차역 근처에는 자전거 보관소가 설치되어 있다. 버스에는 유모차를 실을 수 있는 공간이 따로 마련되어 있다.

모든 차량은 운행중에는 항상 전조등을 켜야 한다. 법적으로 규제되어 있어 한낮에도 모든 차들이 전조등을 켜고 다닌다. 도저히 이해할 수 없어서 물어보았더니 그렇게 하는 것이 보행자 보호차원에서 더 안전하고 굳이 경음기를 사용하지 않아도 되기 때문에 소음도 덜 발생한다는 것이다.

애연가들의 천국. 대부분이 흡연가능 지역이다. 특별히 금연표시가 없는 곳을 제외하고는 기차안, 건물안 등 어디서나 흡연이 가능하다.

세금이 소득의 50%가 넘는 나라. 그러나 모든 병원이 완전무료이고, 대학까지 학비가 전혀 없는 등 사회복지 제도가 잘 갖추어져 있기 때문에 국민들의 불만이 거의 없다고 한다.

일광욕을 너무나 좋아하는 사람들. 남녀를 불문하고 공원이나 학교 등 어디든 누울 자리가 있는 곳에는 자리를 깔고 수영복 차림으로 일광욕을 즐긴다. 햇볕을 가리는 일이 별로 없을 정도로 햇볕에 그을리는 것을 좋아한다. 위도가 높기 때문에 겨울에는 해가 떠 있는 시간이 매우 짧아서 여름이 되면 햇볕을 좋아하는 이유도 있고 유달리 갈색피부를 선호하기 때문이라고 한다.

안데르센, 동화의 나라, 인어공주, 칼스버그 맥주 등이 덴마크하면 흔히 떠오르는 것들이지만 필자가 느낀 덴마크는 이런 것들보다 여유있고 친절한 사람들, 자기 삶에 충실하지만 삶을 즐기면서 살기 위해 노력하는 사람들, 우거진 숲, 그 속에 아담하게 자리잡은 마을, 이런 것들이 더 강한 인상으로 남았다.

## DHI

Danish Hydraulic Institute(DHI)는 수자원에 관련되는 기술개발, 모형개발, 기술용역 등을 주로 하고 있는 세계적인 수자원 전문 연구소로서 1961년에 설립되어 40년에 가까운 역사를 가지고 있다. 현재에는 약 300여명의 직원들이 관련업무에 종사하고 있다(인터넷 주소 www.dhi.dk).

전세계 10개국에 지사를 가지고 있으며 40여 개국에 agent를 가지고 있다. 우리나라에서는 (주)싹스코리아가 agent를 하고 있다.

DHI에서 개발한 주요 모형으로는 일차원 하도추적모형인 MIKE 11, 이차원 흐름모형인 MIKE 21, 유역유출해석 모형인 MIKE SHE, 하수관망 해석 모형인 MOUSE, 해안관련 해석모형인 LITPACK 등이 있다. 이중 MIKE 11은 국내의 2-3개 기관에서 구입하여 사용하고 있으며 MIKE 21은 가덕도 신항만 공사를 위해 삼성에서 구입하여 사용하고 있다.

## DHI Software User Conference

세계적으로 많은 DHI 모형 사용자들이 있고 각 나라마다의 특성에 맞춰 모형을 사용하고 있기 때문에 모형의 성능이나 활용에 관한 다양한 정보를 교환하기 위해 1995년부터 격년으로 모형 사용자 세미나를 개최하여 모형사용에 관한 사용자들의 논문발표와 모형의 특징에 관한 개발자들의 강의를 하고 있다. 1995년 제1회 User Conference에는 30여 개국에서 150여명이 참석하여 모형에 관한 토론과 향후 개발방향에 대해 토론을 한 바 있다.

이번 Conference는 두번째로 열리는 User Conference로서 미국, 영국, 호주 뿐만 아니라 모로코, 폴란드, 터키, 러시아, 인도, 체코, 방글라데시 등 모두 31개국에서 170여명이 참가하여 97편의 논문을 발표하였다. 우리나라에서는 모두 5명이 참가하였는데 필자를 포함하여 삼성에서 2명, agent인 싹스코리아에서 2명 등이다.

User Conference는 6월 9일부터 11일까지 3일

동안 진행되었고 6월 12일과 13일은 Workshop으로 진행되었다.

Conference는 River Track, Urban Track, Water Resources Track, Coastal and Harbours Track, Informatics and Innovation Track 등 모두 5개 분야로 나뉘어 진행되었다.

River Track에서는 주로 MIKE 11과 MIKE 21을 적용한 결과들이 발표되었는데 주요 적용분야는 홍수해석, 홍수범람모의, 홍수예보 등의 홍수관련분야, 유역관리분야, 오염해석분야, 유사해석분야, 저수지 관리 분야 등으로 모두 26편의 논문이 발표되었다.

Urban Track에서는 MOUSE와 ODULA 등을 적용한 결과들이 발표되었는데 도시유출해석, 종합폐수관리, 수자원공급망 해석 등이 주요 내용으로 모두 25편의 논문이 발표되었다.

Water Resources Track에서는 주로 MIKE SHE를 적용한 결과들이 발표되었는데 지하수질 해석, 수자원 관리 등의 분야에서 모두 10편의 논문이 발표되었다.

Coastal and Harbours Track에서는 22편, Informatics and Innovation Track에서는 12편의 논문이 발표되었다.

각 분야별 Session의 주제는 다음과 같다.

River Track
- Session R3 Flood Modelling and Mapping
- Session R4 Flood Management and Forecasting
- Session R5 MIKE 11 Work-shop
- Session R7 Bangladesh Flood Action Plan
- Session R8 Danubian Lowlands
- Session R9 Modelling Urban Pollution Effects
- Session R10 River Basin and Water Quality Management
- Session R12 Sediment Modelling
- Session R13 Reservoir Management

Urban Track
- Session U3 Urban Drainage and Master Planning 1
- Session U4 MOUSE Work-shop
- Session U5 Odula and Hypress Work-shop
- Session U6 Invited Speaker
- Session U7 Integrated Waste Water Modelling - The European Technology Validation Project
- Session U8 RTC in Urban Drainage
- Session U9 Modelling Water Supply Networks
- Session U10 Urban Drainage and Master Planning 2
- Session U12 Inflow/Infiltration and Modelling of Large Networks
- Session U13A STOAT Work-shop
- Session U13B HydroNet Work-shop

Water Resources Track
- Session W5 Ground Water Quality Modelling
- Session W6
- Session W7
- Session W9 Water Resources Management 1
- Session W12 Water Resources Management 2

Coastal and Harbours Track
- Session C3 Harbour Modelling
- Session C4 MIKE 21 Work-shop
- Session C5 Coastal Engineering 1
- Session C6 Invited Speaker:
- Session C7 Coastal Engineering 2
- Session C8 Coastal Environment 1
- Session C9A LITPACK Work-shop
- Session C9B MIKE 3 Work-shop
- Session C10 Coastal Environment 2
- Session C12 Coastal Environment 3

Informatics & Innovation Track
- Session I10 Research Results from ICCH
- Session I11 Invited Speaker:
- Session I12 Information Systems and DSS
- Session I13 Emerging Technologies

## MIKE 11

MIKE 11은 일차원 하천흐름해석모형으로 하천이나 하구에서의 흐름 모의, 유사 이송 해석, 수질해석 뿐만 아니라 강우 유출 해석도 가능한 모형이다. 이 모형의 가장 큰 특징은 기능별로 여러 가지 개별 모듈로 구성되어 있어 필요한 경우에 선택해서 사용할 수 있으며 데이터베이스와 GIS를 연계해서 사용할 수 있다는 것이다. 기본 모듈은 수문모듈, 수리동역학 모듈, 이송/확산 모듈, 유사이송 모듈, 수질 모듈 등이다.수문모듈에서는 자연유역의 강우 유출 해석을 위해 집중형 개념모형(lumped - conceptual - type model)을 사용하고 단일 호우사상의 유출계산을 위해서는 단위도 방법을 사용한다. 하천의 흐름해석을 위해서는 일차원 St. Venant 방정식을 Abbott-Ionescu scheme으로 알려져 있는 육점 음해 유한차분법에 의해 차분화한다. 운동파 모형이나 확산파 모형도 사용할 수 있으며 복잡한 형태의 하도망에도 적용이 가능하다. 횡유입량, 보에서의 흐름, 고수부지의 흐름, 제방파괴로 인한 흐름, 고수부지의 이차원흐름, 상류와 사류가 혼합된 복합류 등을 모의할 수 있으며 암거나 여러 가지 하천구조물에서의 흐름도 모의가 가능하다. 준정류 상태의 흐름을 모의할 수 있고 하상조도의 자동보정, 도시 우수관거에서의 흐름, 하천구조물의 수문조작, 댐파괴로 인한 흐름 등도 해석할 수 있다. 또한 실시간 홍수예보에도 이용할 수 있다.

Engelund-Hansen 모형, Ackers-White 모형, Engelund-Fredsoe 모형, Van Rijn 모형 등을 이용하여 비점착성 유사이송을 해석하며 점착성 유사 이송은 이송-확산 방정식을 이용하여 해석한다.

유기물질이나 중금속에 의한 오염을 일차

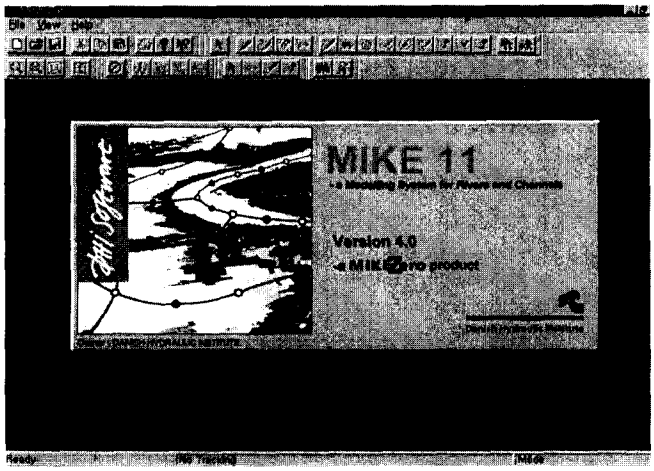


그림 1. MIKE 11의 초기화면

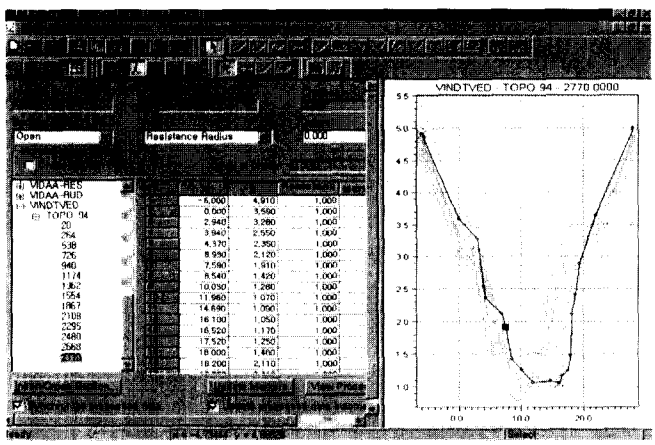


그림 2. MIKE 11의 하도단면 처리화면

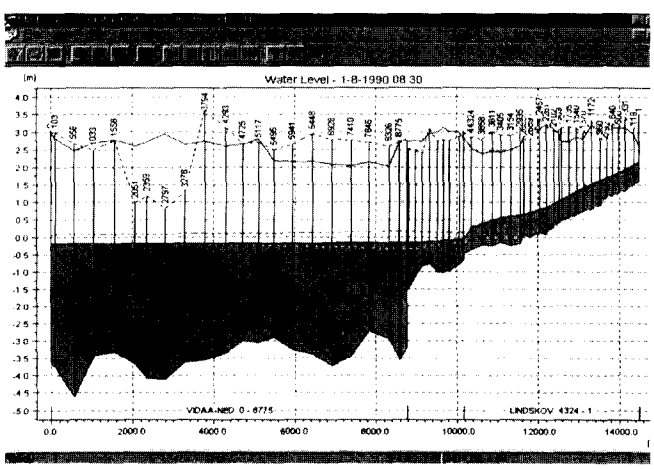


그림 3. MIKE 11의 결과 출력 화면(수면형)

원 질량 보전방정식을 이용하여 해석하기 때문에 수질오염 및 확산 문제에도 적용할 수 있다.

이 모형은 메뉴방식으로 운영되며 GIS 소프트웨의 일종인 ARC/INFO와 연계 가능하기 때문에 기능면에서는 다른 모형에 비해 앞서 있다. 현재 DHI에서는 모든 모형들이 Windows 95나 Windows NT에서 메뉴방식으로 사용될 수 있도록 개선하고 있으며 일부는 이미 완성되어 있다. MIKE 11은 이미 Windows 95에서 모든 것을 그래픽으로 처리할 수 있도록 구성되었기 때문에 모형의 사용자 입장에서는 상당히 편리한 모형이라고 할 수 있다.

## '문화충격'과 '기술충격'

몇 번 다니지 않은 해외출장이지만 갈 때마다 항상 '문화충격'과 '기술충격' 두가지를 느끼고 돌아온다. 이번 덴마크 출장에서도 예외는 아니어서 두가지를 그대로 느끼고 돌아왔다. 객관적 사실보다는 며칠간의 방문기간 동안 느낀 필자 개인의 느낌을 적어본다.

아침저녁으로 출퇴근 전쟁이라고 하는 혼잡함 속에서 2-3시간을 허비해야 하고 가족과 어디 외출이라도 하려고 하면 차 막히는 것이 겁나 포기해 버리고 일년에 겨우 몇 번 정도 맑은 하늘을 쳐다보며 무엇을 위해 사는지 모르면서도 무척이나 바쁘게 아둥바둥 살던 필자로서는 덴마크 사람들의 살아가는 환경이나 생활방식이 밤 11시가 되어서야 해가 지고 새벽 2-3시면 해가 뜨는 덴마크의 백야만큼이나 쉽게 적응되지 않았다. 도심은 깨끗하게 정돈되어 있고 번잡하지 않다. 어딜가나 지저분하다는 생각이 전혀 들지 않는다. 집밖에는 작지만 정원을 만들어 나무와 꽃을 심고 집안은 온갖 장식품으로 아기자기하게 꾸며 놓고 산다. 어디나 무성한 나무의 반정도는 자연림이고 나머지는 육림이라고 한다. 파티를 좋아하고 술마시고 춤추는 것을 좋아한다. Conference의 공식파티시간이 저녁 7시부터 다음날 새벽 1시까지 였다. 한마디로 자기에게 주어진 일은 충실하게 감당해 내면서도 삶을 즐기면서 여유있게 살고자 하는 의식을 그대로 느낄 수 있었다.

미국이나 유럽이나 마찬가지이지만 하나의 모형을 개발하여 상품화하기까지는 엄청난 노력과 돈이 들어간다는 사실을 다시 느꼈다. 필자가 관심을 가지고 있는 MIKE 11의 경우에는 1960년대 후반부터 개발하기 시작한 것으로 알고 있다. 현재에는 전세계 40여 개국에서 이 모형을 사용하고 있다. 이러한 모형이 되기 위해 모형개발에 대한 끊임없는 의지와 지원이 필수적이었을 것이다. 이 모형은 전 모듈을 모두 구입할 경우 약 1억원 정도가 소요되는 매우 비싼 모형이다. 왜 이렇게 모형의 판매가격을 비싸게 책정하는냐는 필자의 질문에 DHI의 책임자는 모형의 지속적인 개선을 위해서라고 답하였다. 모형의 성능향상을 위해서는 계속적인 재투자가 필요하며 이를 위해서는 모형의 가격을 그 정도로 책정해야 한다는 것이다. 개발자의 입장에서는 그 정도의 가격이 결코 비싸다고 생각지 않는다고 덧붙였다. 이렇게 비싼 가격에도 불구하고 사용자 Conference에 수십개 나라에서 수백명이 참가할 정도로 이 모형은 경쟁력이 있다. 상품가치가 있다는 것이다. DHI에서 개발하는 모형의 완벽한 GUI(Graphic User Interface)를 위해 지난 2년반 동안 약 10 man year를 투입하였다고 한다. 이러한 결과로 계속해서 모형의 개선 뿐만 아니라 새로운 모형이 개발되고 있는 것이다.

모형개발의 중요한 흐름중의 하나는 사용자 중심의 모형개발이다. 즉 모형의 통합화와 그래픽중심의 운영체제이다. 일차원 모형이든 이차원 모형이든 흐름뿐만 아니라 유사이동, 수질 등을 모두 해석할 수 있도록 모형을 구성하고 있다. 흐름에 대해서도 단순히 하도내의 흐름 뿐만 아니라 유역유출, 댐파괴파, 제방월류, 하천구조물상의 흐름, 우수관거의 흐름 등을 해석할 수 있도록 모형을 구성하고 있으며 실제 이용면에서는 실시간 홍수예보에 이용할 수 있고 홍수범람모의도 가능하도록 여러 가지 기능을 통합하여 하나의 모형을 개발하고 있다. 모형의 사용면에 있어서는 현재 개발되어 있는 컴퓨터 환경에 쉽게 적용할 수 있고 모형의 입력자료 구성이나 모형 결과의 출력에 사용자가 별 어려움없이 그래픽을 이용하여 처리할 수 있도록 모형을 구성하고 있다. 이러한 차원에서 다른

모형과의 연계, GUI의 완벽한 구현, GIS와의 결합은 필수적인 것이 되고 있다.

홍수범람에 관한 모형개발과 이용도 상당히 활발하게 전개되고 있다. 재현기간에 따른 홍수범람도를 작성하는 연구도 많이 진행되고 있었으며 하천의 홍수추적모형과 GIS를 결합하여 임의 홍수사상에 따른 하도의 수위를 구하고 홍수터의 침수범위를 GIS를 이용해서 도시한 후 홍수터의 침수범위를 최소화하기 위해 필요한 제방의 위치, 높이 등을 결정하는 과정도 개발되어 있다.

수질해석이나 유사해석을 위한 모형의 개발과 이용도 많이 진행되고 있으며 도시지역의 하수관망 해석을 위한 모형도 활발하게 개발되고 있다.

유럽쪽에서는 DHI의 소프트웨어가 많이 이용되고 있었다. 소프트웨어를 이용하는 기관의 성격은 주로 컨설턴트회사들이다. 대학이나 연구소도 상당수 있지만 주로 컨설턴트회사에서 특정목적을 위해 모형을 이용하고 있었다. 컨설턴트회사의 판단에 따라 사용할 모형을 결정하기도 하지만 의뢰자의 요청에 의해서도 모형을 결정하는 경우가 많다고 한다. 대부분의 경우 학교나 연구소는 모형개발의 역할을 담당하고 컨설턴트회사에서는 모형이용자의 역할을 담당하고 있는 것으로 생각된다. DHI와 같은 연구소에서는 모형개발자와 컨설턴트의 역할을 동시에 수행하고 있다.

필자가 느낀 또 다른 하나는 우리 나라에서 개발하거나 사용하고 있는 모형에 대한 갈등이다. 이미 유럽이나 미국의 유명한 모형들은 20-30년 전에 개발되기 시작하여 지금까지 끊임없이 개선해 왔는데 지금 개발하기 시작하는 우리 나라의 모형이 과연 얼마만한 경쟁력이 있을 것인가 하는 것이다. 외국의 모형들은 이미 학문적인 개발단계를 넘어서서 경쟁력을 갖춘 하나의 상품으로 되어 있는데 학문적인 초기 단계를 벗어나지 못하고 있는 우리의 현실에서 개발된 모형이 과연 경쟁력을 가질 수 있을까? 그렇다고 외국의 모형을 무작정 들여와서 우리나라에 적용만 한다면 당장 눈앞의 문제는 해결할 수 있겠지만 우리에게 얼마나 득이 될까? 계속해서 외국의 모형을 사용한다면 결국은 그 모형에 종속될 수밖에 없는데, 과연 어떻게 해야 하나? 얼마만한 노력을 모형의 개발을 위해 투자해야 하고 얼마만한 노력을 모형을 이용한 문제해결에 투자해야 하나?

덴마크로 떠나면서 가졌던 기대감은 어느 정도 채워졌지만 지금 그것보다 더 무겁게 필자를 누르고 있는 것은 이러한 질문들에 대한 대답이다.