

Polytechnic University를 다녀와서

이성수*

1. 시작말

2004년 3월 2일부터 동년 7월 31일까지 미국 동부 뉴욕시의 브루클린에 위치한 Polytechnic University 소속 토목·환경공학과(Department of Civil & Environmental Engineering)의 Environmental Science and Engineering Laboratory에서 방문연구원(Visiting Scholar)자격으로 생활하였다. 이번 연수는 서울대학교 BK21 사업단의 지원과 서울대학교 지반환경공학연구소의 후원으로 이루어졌으며 이 기간 동안 지반 오염물질 중 하나인 Nonaqueous Phase Liquid(NAPL)의 모니터링 기법과 지반 내에서 제거하는 기법에 대해서 공부하고 연구하면서 느낀 점들과 Polytechnic University, 토목·환경공학과, 그리고 Environmental Science and Engineering Laboratory에 대해서 간단히 소개하고자 한다.

2. 학교 소개

2.1 뉴욕 그리고 Polytechnic University

뉴욕은 면적이 약 787km²이고, 인구는 800만이 넘는다. 미국 최대의 도시이자, 미국의 상업·금융·무역의 중심지이자 공업도시로서 경제적 수도라 불리우며, 많은 대학·연구소·박물관·극장·영화관 등 미국 문화의 중심지로도 중요한 위치를 차지하고 있다. 방대한 인구를 수용하는 이 거대도시는 미국 내에서도 독자적인 세계를 이루는 독특한 도시이다. 뉴욕주 중에서 뉴욕시는 맨해튼·브롱크스·브루클린·퀸스 및 스테튼섬의 5개구(boroughs)로 이루어져 있다. 맨해튼은 시의 중심부이며, 브루클린은 롱아일랜드의 남단에 위치하는데, 맨해튼섬과는 맨해튼교(橋)와 브루클린교로 연결되어 있다. 브루클린은 북쪽에 있는 퀸스와 함께 주택지가 많으나 남부에는 해군공장이 있고, 퀸스에는 케네디 국제공항이 자리잡고 있다. 스테튼섬은 주로 공장지구와 주택지구로 이루어진다. 스테튼섬과 브루클린 사이에는 세계 길이가 가장 긴 다리 중 하나인 베라차노내로교(1,298m)가 있다.

Polytechnic University는 미국에서 두 번째로 오래된 사립 공학 대학교로서 1854년에 뉴욕시의 브루클린에 세워졌으며, 현재 뉴욕 지역의 과학 및 공학의 교육과 연구에 이바지하고 있다. Polytechnic University는 전기 공학(Electrical Engineering), 폴리머 화학(Polymer Chemistry), 대기 공학

* 서울대학교 지반환경공학연구소 석·박사 통합과정 (haeury77@snu.ac.kr)

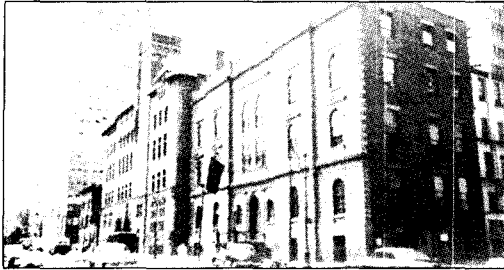


그림 1. 1854년 건축당시의 Polytechnic University 모습



그림 2. Jacobs Building(현재모습)

(Aerospace Engineering), 그리고 마이크로파 공학(Microwave Engineering) 등에 역사가 깊고, 현재 전기통신 공학(Telecommunications), 정보 과학(Information Science) 그리고 과학기술 경영관리(Technology Management) 부문에서 선두를 달리는 학교 중 하나이다. 또한, 뉴욕지역에서 초등 및 고등학교의 수학과 과학교육을 위한 외부 교육프로그램을 운영하는 뛰어난 연구기관으로 알려져 있다. 한편 브루클린 지역 이외에도 롱아일랜드(Long Island), 맨하탄(Manhattan), 그리고 웨스트체스터(Westchester)지역 등에도 교육기관을 가지고 있으며 이스라엘에도 몇 개의 연구기관이 있다.

Polytechnic University는 2003년에 291명의 학

사, 418명의 석사, 그리고 24명의 박사 이렇게 총 733명에게 학위를 수여하였으며 470명이 넘는 교직원들이 있고 90%가 넘는 학부 재학생들이 재정 지원을 받고 있으며 현재 다양한 배경의 학생들이 서로 어울려 생활하고 있다. 학부 재학생 경우 10%는 아프리카계 미국인, 8%는 스페인계 미국인, 39%는 아시아인이며 18%가 여학생이고 8%가 국제교류 학생이다. 대학원생의 경우 4.5%는 아프리카계 미국인, 1.5%는 스페인계 미국인, 14.4%는 아시아인이며 22%가 여학생이고 24.9%가 국제교류 학생이다.

Polytechnic University의 역사를 살펴보면 1854년 Brooklyn Collegiate and Polytechnic Institute 라는 이름으로 시작되었으며(그림 1), 1889년 그 이름이 Polytechnic Institute of Brooklyn으로 바뀌었고, 1891년 전기·토목공학(Electrical and Civil Engineering) 전공으로 첫 번째 이학 학위자가 나왔다. 1917년 그 이름이 다시 Polytechnic Preparatory Country Day School로 바뀌었고, 1935년 화학(Chemistry) 전공으로 첫 번째 박사 학위자가 나왔다. 그 이후 1973년 Polytechnic Institute of New York으로 그 이름이 바뀌었으며, 1985년 지금의 이름인 Polytechnic University로 바뀌었다. 이 이후 1988년, 1990년, 1995년에 각각 의학(medicine), 화학(chemistry), 물리학(physics) 부문에서 노벨상 수상자를 배출하였다. 현재 Polytechnic University의 브루클린 Campus는 크게 대학 본부인 Rogers Hall, 주된 연구활동이 이루어지는 Joseph J. & Violet J. Jacobs Building(그림 2), 그리고 도서관인 Bern Dibner Library of Science and Technology, 기숙사 건물인 Donald F. and Mildred Topp Othmer Residence Hall, 학생회관인 Wunsch Student Center 등이 있다

2.2 토목 · 환경공학과

Polytechnic University의 토목 · 환경공학과는 교통(transportation), 수자원 공급(water supply), 그리고 폐기물처리(waste disposal)와 같은 기반산업을 계획 · 설계 · 건설 · 운영 · 관리하기 위해서 다음과 같은 목표를 가지고 있다.

- 공학적 관리 기술이 훈련된 전문가를 만들기 위해서 교육의 새로운 패러다임을 만들고자 한다
- 필수적인 기반산업을 보다 잘 관리할 수 있는 기법을 만들어 낼 수 있는 혁신적인 연구를 진행하고자 한다
- 건설 자재의 경우 사용연한이 보다 긴 새로운 물질을 사용하고자 한다.
- 교통의 흐름 및 경제적 활동을 방해하지 않는 새로운 건설 기법을 개발하고자 한다.

그래서 토목 · 환경공학과는 위와 같은 목표를 만족시키기 위해서 Transportation 프로그램과 Construction Engineering and Urban Utilities 프로그램을 운영중이다. 게다가 유해오염물질의 정화와 혁신적인 폐수 처리 기술에 집중된 Environmental Research 프로그램도 운영중이다

토목 · 환경공학과와 환경공학 연구실(Environmental Science and Engineering Laboratory)은 Prof. Konstantinos (Dino) Kostarelos가 지도 교수이다. 대학원생은 장기연수를 온 이탈리아 학생 2명, 박사과정 한국인 유학생 1명, 대만인 유학생 1명, 그리고 석사과정 이탈리아 유학생 1명, 나이지리아 유학생 1명, 미국인 학생 1명 이렇게 총 7명으로 구성되어 있다. 연구실의 주 관심 분야는 지반내 유해물질의 정화기법 연구, 다공성 매체에서의 유체의 흐름 및 수처리 기법 연구, 추적자 시험법 연구,

그리고 매립지 cover system 및 전반적인 지반공학에 관한 연구 등이다. 이와 관련해서 현재 여러 가지 연구를 진행 중인데 특히 지반내 난용해성 유기 오염물질을 탐지할 수 있는 Partitioning Interwell Tracer Test (PITT)에 관한 연구를 비롯해서 Coal Tar로 오염된 지반을 계면활성제를 이용해서 정화하는 Surfactant Enhanced Aquifer Remediation (SEAR)에 관한 연구, 그리고 수원을 오염시키는 주변 도로의 비점원 오염물질을 처리하는 연구, 크롬으로 오염된 토양을 처리하는 기법에 관한 연구를 진행하고 중이다.

3. 연수내용

5개월 동안 방문연구원 자격으로 Polytechnic University의 Environmental Science and Engineering 연구실에서 주로 NAPL에 관한 연구를 진행하였다. 지반내 NAPL의 탐지기법, 정화기법, 그리고 이런 두 가지 과정들을 모사할 수 있는 컴퓨터 모델링 기법 등 NAPL이 지반을 오염시켰을 때 행해질 수 있는 전반적인 과정에 대해서 접하고 연구할 수 있었다. 그 내용을 간략히 소개하면 다음과 같다.

· Partitioning Inter-well Tracer Test (PITT) :

PITT는 NAPL로 오염된 지반을 조사할 때 Chromatography 원리를 응용한 시험법으로 tracer 물질이 NAPL에 의해 지연되는 정도를 분석하여(그림 4) 포화대나 불포화대에 존재하는 평균적인 residual NAPL의 양 및 그 분포 형태를 알아내는 기법이다.

지금까지 주로 사용되어온 지반 오염도 분석 기법

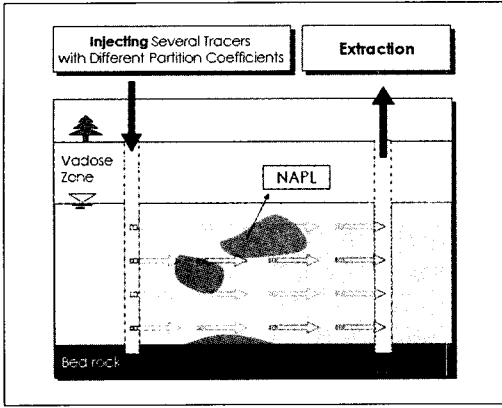


그림 3. PITT모식도

은 core-well sampling이나 monitor-well sampling 등인데 이 방법은 NAPL의 분포는 아주 다양함에도 불연속적인 점원 결과치만 얻을 수 밖에 없다는 단점이 있다. 즉 조사 대상지반이 NAPL로 오염되었더라도 immobile한 NAPL의 특성 때문에 기존의 조사기법으로는 신뢰할 수 있는 결과치를 얻기 어렵다. 반면, PITT의 경우 well(injection/extraction well) 사이에 존재하는 지반내 오염물질의 평균적인 양 및 분포 형태를 알아낼 수 있기 때문에 NAPL로 오염된 지반의 오염도 분석시 보다 더 적합한 기법이라 할 수 있다.

그림 3은 PITT의 모식도로서, NAPL로 오염된 지반에 well을 뚫은 후 injection well에서 NAPL에 partitioning되는 tracer(A)와 그렇지 않은 nonpartitioning tracer(B)를 동시에 주입하면 extraction well에서는 A가 B에 비해 지연되어서 발견된다(그림 4). 즉 지반내에서 NAPL의 존재로 인한 tracer들의 chromatographic 분리됨을 통해서 NAPL의 오염여부를 알아내고 그 분리됨 정도를 정량적으로 계산해서 평균적인 양 및 분포 형태를 알아낼 수 있다.

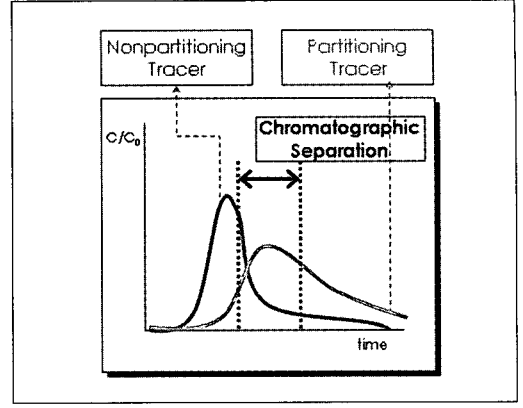


그림 4. Tracer response curves for PITT

· Surfactant Enhanced Aquifer Remediation (SEAR) :

SEAR는 surfactant를 이용하여 토양 공극 내에 존재하는 NAPL을 Surfactant Micelle 형태로 녹여 내어 대수층에서 제거하는 능동적인 remediation 기법이다. NAPL은 난용해성 오염물질로서 물에 잘 녹지 않지만 그 환경 기준치가 용해도 값보다 낮고 대부분 유해한 물질들이어서 지반 내에서 장기적인 오염원으로 거동하는 특성이 있는데 SEAR를 이용해서 지반내에서 효과적으로 제거할 수 있다.

그림 5는 SEAR를 현장에 설치할 때의 모식도로서, surfactant 용액을 지반내에 주입하여 NAPL을 mobilization 및 solubilization시켜 뽑아내고 처리하는 과정을 보여준다. NAPL의 일종인 coal tar로 오염된 토양을 SEAR를 이용해서 coal tar를 제거하는 컬럼 실험을 수행한 결과 coal tar 성분(표 1) 중 하나인 Anthracene의 경우 100% 가깝게 토양 컬럼에서 제거됨을 알 수 있었고(그림 6) 또한 나머지 성분들 모두 95%가 넘게 제거되는 결과를 보였다(경향이 모두 유사하여 coal tar의 다른 성분들에 대한 정확한 데이터는 생략). 따라서 SEAR로 coal tar를 토양 내에서 대부분 제거할 수 있음을 알 수 있었다.

표 1. Coal tar의 구성 성분

Chemical Name	Formula	M.W	Melting Point (°C)	Flash Point (°C)	Water Solubility
Azulene	C ₁₀ H ₈	128.1	99-100.5	-	-
Acenaphthene	C ₁₂ H ₁₀	154.2	95	125	3.47x10 ⁻⁴ g/100mL
Fluorene	C ₁₃ H ₁₀	166.2	116	151	1.9x10 ⁻⁵ g/100mL
Anthracene Cyclopenta(def)	C ₁₄ H ₁₀	188.3	218-220	-	-
phenanthrene	C ₁₅ H ₁₀	190.2	116	-	<0.1g/100mL
Fluoranthene	C ₁₆ H ₁₀	202.2	110.8	-	2.65x10 ⁻⁵ g/100mL
Benzoxanthene	C ₁₆ H ₁₀ O	218.2	-	-	-
Triphenylene	C ₁₈ H ₁₂	228.3	199	-	-

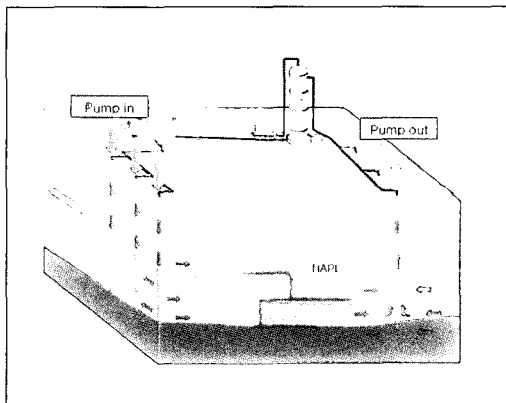


그림 5. SEAR모식도

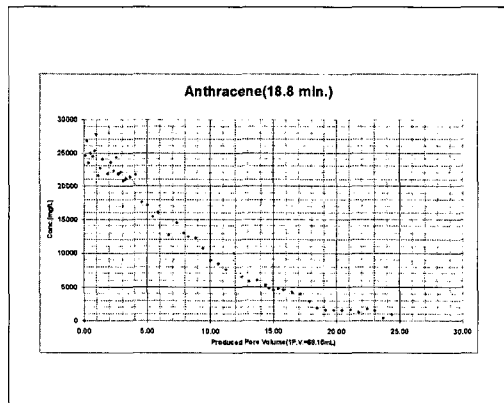


그림 6. Anthracene의 제거효율

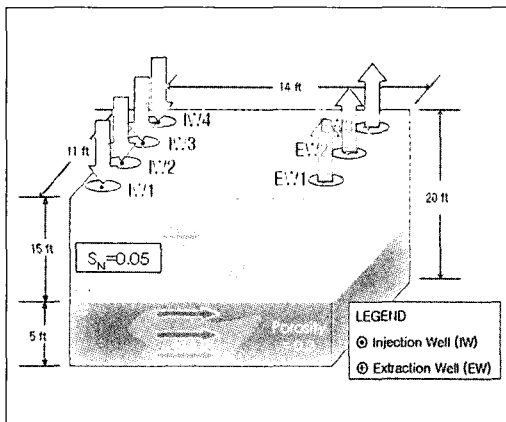


그림 7. UTCHEM을 이용한 모델링 영역

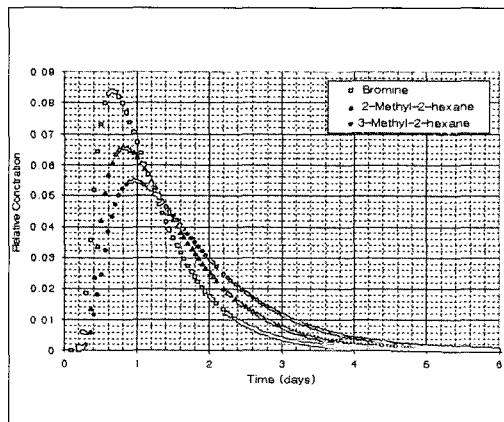


그림 8. Extraction well에서의 tracer들의 response 곡선

· UTCHEM

UTCHEM은 University of Texas at Austin에서 oil의 enhanced recovery와 대수층의 enhanced remediation의 모사를 위해서 만든 모델링 프로그램으로서, PITT와 SEAR 기법의 컴퓨터 모델링과 다양한 지반환경에서의 chemical flood의 fate와 transformation에 대한 모사가 가능한 3차원·다성분(multicomponent)·다상(multiphase)의 유한차분 시뮬레이터이다.

PITT나 SEAR의 경우 injection rate, 필요한 solution양, 그리고 제거 양상과 같은 중요한 설계인자를 얻거나 예측하는 것이 매우 중요한데 UTCHEM을 통해서 이와 같은 설계인자들을 미리 구할 수 있다. UTCHEM을 이용해서 그림 7과 같은 조건에서 세 종류의 tracer(Bromide, 2-methyl-2-hexane, 3-methyl-2-hexane)로 PITT를 모델링 해본 결과 그림 8과 같은 tracer의 농도곡선을 얻을 수 있었다. 여기서 bromide는 NAPL에 partitioning 되지 않는 nonpartitioning tracer(=conservative tracer)이고 이와 반대로 2-methyl-2-hexane과 3-

methyl-2-hexane은 NAPL에 partitioning되어 보다 지연되어서 나오는 partitioning tracer(=nonconservative tracer)이다. 그림 8로부터 tracer들의 서로 분리된 정도를 정량적으로 계산하면 well 사이 지역의 평균 NAPL의 포화도를 계산해낼 수 있었고 또한 지반내 NAPL의 양을 계산할 수 있었다(표 2).

4. 기타 활동

연수기간 동안 주1회씩 Konstantinos Kostarelos 교수님과 앞서 언급한 연구 주제들에 대한 세미나를 통해 교수님과 토론하면서 연구를 진행하였고 대학원 수업인 "Hazardous / Toxic Waste Management"를 청강하여 공부함과 동시에 현지 대학원생들과 교류를 했었고 보다 원활한 의사소통을 위해 학교에서 무료로 운영하고 있는 Tutoring Center에서 영어공부를 했었다. 이곳에서 한가지 느낀 점은 한국에서는 주위에 다 한국 학생들만 있는데 이곳은 우리나라 같지 않고 한국, 중국, 대만, 일본 등 아시아 쪽 학생들과 이탈리아, 프랑스 등 유럽 쪽 학생들이 모두 골고루 섞여서 한 학교에서 공부하고 서로 경쟁하며 어울려 열심히 공부하고 있는 점이 달랐다.

그곳에서의 일과는 오전 10시 정도에 출근해서 12시쯤 점심 식사를 하고 실험 및 공부를 하다 6시쯤 저녁 식사, 그리고 그 후 연구실에서 연구를 하다 10시 정도에 기숙사로 돌아갔으니 한국대학원에서의 생활과 거의 비슷해서 적응하기는 수월하였다. 주중에는 대부분의 시간을 학교 실험실과 연구실에서 보냈고 주말에는 뉴욕 맨하탄 시내를 구경 다녔다.

미국을 대표하는 Statue of Liberty, 1930년대에 지어진 381m 높이의 Empire State Building, 911

표 2. UCHEM을 이용해서 산정한 NAPL의 평균 포화값 및 부피

Well Name	Tracer Name	Estimated NAPL Saturation	Estimated NAPL Volume (ft ³)
Extraction Well 1	Bromide & 2-methyl-2-hexane	0.0458	10.5798
	Bromide & 3-methyl-2-hexane	0.0456	10.5336
	2-methyl-2-hexane & 3-methyl-2-hexane	0.0453	10.4643
Extraction Well 2	Bromide & 2-methyl-2-hexane	0.0458	10.5798
	Bromide & 3-methyl-2-hexane	0.0456	10.5336
	2-methyl-2-hexane & 3-methyl-2-hexane	0.0453	10.4643
Extraction Well 3	Bromide & 2-methyl-2-hexane	0.0457	10.5667
	Bromide & 3-methyl-2-hexane	0.0455	10.5105
	2-methyl-2-hexane & 3-methyl-2-hexane	0.0452	10.4412
Total NAPL Volume (ft ³)	Bromide & 2-methyl-2-hexane		31.7163
	Bromide & 3-methyl-2-hexane		31.5777
	2-methyl-2-hexane & 3-methyl-2-hexane		31.3698

※ Given value of NAPL saturation = 0.05

테러 당시 무너져 지금은 없는 World Trade Center의 Twin Towers 부지, 맨하탄 중심가의 도시 공원이자 영화 Love Story를 비롯한 수많은 명작 영화의 배경인 Central Park, 세계 3대 미술관중 하나인 The Metropolitan Museum of Art, UN(united nations) 본부, 연극과 뮤지컬의 본거지 Broad Way와 그 극장가의 중심점인 Times Square, 세계 금융의 중심인 Wall street, 베이브 루스와 조 디마지오를 배출해낸 양키스의 홈그라운드인 Yankee Stadium, 예술가들의 거리 Soho, 오 헨리의 단편소설 '마지막 잎새'에 등장하는 예술가의 마을로도 잘 알려진 Greenwich Village, 100만이 넘는 흑인이 살고있는 Harlem, 1883년 맨하탄과 브루클린 사이에 최초로 놓여진 다리인 Brooklyn Bridge, 명문 사립대학의 모임인 Ivy League 8개교 중의 하나인 Columbia University, 초기 이탈리아 이민자들의 거주지였던 Little Italy, 그리고 세계 곳곳에 퍼져있는 차이나타운 중에서도 가장 크게 발전한 곳이며 2만명이 넘는 중국인이 살고 있는 Chinatown 등 영화에서 보거나 텔레비전에서 보던 미국의 수많은 명소들을 뉴욕을 돌아다니며 직접 구경할 수 있었다. 뉴욕을 찾는 관광객이 많아서 그런지 뉴욕 시민들은 모두 친절했고 그래서 비록 그리 유창한 영어는 구사하지는 못했지만 마음 편하게 돌아다니고 물어보면서 구경할 수 있었던 것 같다.

5. 맺음말

5개월 간의 연수를 위해서 미국 뉴욕에 위치한 Polytechnic University로 출발한 날짜가 지난 3월 2일이었다. 외국 출국이 처음이라서 그런지 기대감보다는 약간의 두려움이 앞섰었다. 내가 미국에 가

서 혼자서 잘 살아갈 수 있을까, 과연 원활한 의사소통이 가능할까, 내가 여기서 보내는 5개월이라는 시간을 과연 값지게 보낼 수 있을까 등 새로운 생활에 대한 기대감보다는 두려움이 앞섰었다. 그래서인지 출국 전까지 조급한 마음이 생겨서일까 여러 가지 준비를 많이 했던 것 같다. 인터넷으로 뉴욕 생활 정보를 구하고 서점에 가서 책도 사서 읽고 현지 유학생과 접촉해서 현지 생활에 대해서 물어보고 Konstantinos Kostarelos 교수님께 전화와 메일로 연수 과정에 대해 문의하고 준비하는 등 그렇게 정신없이 출국준비를 했었다.

3월 2일 오전, 인천국제 공항 대기실에서 비행기 시간을 기다리며 그때까지도 내가 정말 출국하는 것인지 실감이 나지 않았었다. 비행기를 타고나서 눈에 보이는 외국 사람들의 수가 많아지고 여기저기서 들려오는 영어, 일어 등의 외국어, 그리고 외국 승무원들을 접하고서야 이제 미국에서의 연수생활이 시작됨을 조금이나마 느낄 수 있었다.

뉴욕에 첫발을 내디딘 곳은 JFK(John F Kennedy) International Airport였다. 특별히 마중 나온 사람이 없었기에 택시를 타고 창 밖으로 보이는 낮선 풍경, 외국차들, 그리고 그 운전자들을 보면서 Polytechnic University의 기숙사로 향하였다. 기숙사는 18층 건물이고 내가 계약한 방은 잠만 잘 수 있는 2인 1실 Suit Room이었다. 룸메이트와 인사를 하고 짐을 풀 후 14시간 가량의 비행시간으로 인한 여독을 풀며 침대에 쓰러지듯 잠든 것이 뉴욕생활의 시작이었다.

비록 연수초기에는 앞으로 Polytechnic University에서의 생활에 대한 걱정과 외국에서의 긴장감, 의사소통이 불편하지 않을까 하는 걱정 등으로 심리적으로 힘들었으나, 이번 연수기회를 만들어준 Kostarelos 교수님이 친절하게 도와주셨고 박사과정 대학원생인 윤성호님이 전반적인 생활을 도와주



그림 9. Polytechnic University 연구실원들과의 저녁식사 후



그림 10. 브루클린 시청 앞 광장 공원에서 연구실원들과 함께

있으며 현지 석사과정 대학원생들 또한 연구실 생활을 도와주어 이번 연수기간 초기에 외국생활에 쉽게 적응할 수 있었다.

이번 연수기간동안 학문적으로 그리고 그 이외의 개인적인 측면에서도 아주 유익한 경험을 할 수 있었다. 미국 문화와 경제의 중심지라고 할 수 있는 뉴욕에서 생활하면서 그들의 삶을 조금이나마 몸소 체험할 수 있었고, 헐리우드 영화에 자주 등장하는 뉴욕의 명소들을 찾아다니며 직접 볼 수 있었으며 외국인 친구들을 사귄 수 있었다. 그리고, Polytechnic University에서 연구 활동을 하면서 서로 다른 문화권에서 유학 온 학생들과 같이 연구할 수 있었고, 대학원 수업을 청강하면서 현지 대학의 수업분위기를 접해볼 수 있었다. 또한 뉴욕에서 개최된 학회와 모임에 참가해서 다양한 사람들과 만나서 의견을 나눠볼 수 있었고 현지에서 현재 관심이 있는 이슈에 대해서 간략하게 들어볼 수 있는 기회를 얻었다.

학문적으로는 이번 연수기간 동안 현재 국내에서도 환경적으로 문제가 되고 있는 NAPL의 모니터링 기법과 정화기법에 대해서 연구해 볼 수 있는 좋은 기회를 얻었던 것 같다. Kostarelos 교수님 및 현지 대학원생들과의 NAPL에 관한 세미나를 통해 보다 깊은 연구를 할 수 있었으며 텍사스에 위치한 INTERA Inc.(Homepage: www.intera.com)의

Varadarajan Dwarakanath 박사님과의 교류를 통해서 NAPL의 거동을 예측할 수 있는 컴퓨터 모델링에 대해서 익힐 수 있는 유익한 시간을 보냈던 것 같다.

한국이 아닌 뉴욕에서 정말 생활하고 있구나라고 느끼고 이제 겨우 Polytechnic University 연구실에서 생활이 적응되어 연구실 사람들과의 정이 들 무렵 벌써 5개월이라는 시간이 훌쩍 흘러 연수기간이 얼마남지 않았었다. 그렇게 나도 모르는 사이에 금세 한국으로 돌아가야 할 시간이 되었고 연구실 사람들과의 마지막날 저녁 식사(그림 9, 그림 10)를 마지막으로 뉴욕 Polytechnic University에서의 5개월 간의 생활이 끝나갔다.

한국을 떠나올 때는 약간의 기대감과 설레임 그리고 두려운 감정들이 복합되어 있었는데 이제 Polytechnic University를 떠난다고 생각하니 아쉬움만이 남았었다. 게다가 앞으로 이곳에서 정든 사람들을 못 본다고 생각하니 약간은 슬퍼지기까지 하였고 한국에 돌아간다는 기쁜 생각만 들 줄 알았는데 아쉬운 마음만 생겨서 약간은 그런 감정이 의외이기도 하였다. 나중에 한국에 도착해서 집으로 들어서는 순간 그리고 다시 연구실에 나와서 연구실 사람들을 보던 순간에서야 기쁨과 즐거움을 느낄 수 있었고, 5개월간의 길다면 길지만 아주 짧게 느껴졌

던 연구생활이 끝났음을 실감할 수 있었다.

마지막으로, 다른 많은 대학원생들에게 이런 좋은 연수기회가 주어질 수 있기를 기대하며, 이 글을 빌어 연수기회를 마련해 주신 서울대학교 BK21 사업단 관계자 분들과 서울대학교 지반환경공학 연구실

분들, 그리고 Polytechnic University에서의 학문적인 지도는 물론 개인적으로도 친절하게 대해주신 Kostarelos 교수님 및 현지 연구실 생활에 도움을 준 윤성호님을 비롯한 현지 연구실 대학원생들에게 다시 한번 감사의 마음을 전하고 싶습니다.

