

국가환경시료은행 소개¹⁾

이장호, 이종천, 이유진, 한아름, 양병국*²⁾
 환경부 국립환경과학원 자연평가연구팀, *국립습지센터

2010년 4월 미국 남부 멕시코만의 원유 시추시설 폭발로 약 8,400 m³/day의 막대한 양의 원유가 약 3개월 동안 유출되는 사고가 일어났다. 당시 유출된 원유로 인해 주변 해역의 해변, 습지, 하구 등이 광범위하게 오염되고 수많은 해양생물들이 재해를 입었다(<http://en.wikipedia.org>). 이후 오염지역의 피해 정도와 회복 정도를 모니터링하는 작업에 미국해양환경시료은행(Marine Environmental Specimen Bank)에서 저장해 온 해양생물 시료들이 이용되었다. MESB는 미국 연안의 홍합(mussel), 병코돌고래(bottlenose dolphin) 등의 시료를 채취하여 장기간 저장해 왔는데, 이들 시료를 이용해 원유유출로 인한 해양생태계 피해 정도 등을 분석할 수 있었다(<http://sarasotadolphin.org>; Kucklick et al., 2010; Pugh et al., 2010). 독일의 경우도 1979년도부터 환경시료를 꾸준히 저장해 오고 있는데, 이들 시료의 오염물질 농도 모니터링을 통해 오염물질 규제정책이 실질적으로 효과가 있는지에 대해 검증할 수 있었다. 예를 들면, 선박의 부식 방지제로 사용되는 TBT(Tributyltin)는 어패류 성장에 악영향을 미치는 강한 독성물질이다. 1980년대 말부

터 유럽에서 사용을 규제하게 되는데, 이러한 환경규제 정책이 실질적으로 효과를 보이는 지 검증하기 위해 독일환경시료은행은 1986년도부터 2005년까지 채취, 저장한 푸른홍합(blue mussel)의 오염물질을 분석하고 그 결과를 바탕으로 규제 효과를 실증적으로 평가하였다(Umwelt Probenbank1).

환경시료은행은 1970년대에 미국과 독일에서 시료를 영구적으로 저장할 수 있는 저장소(archive) 개념이 제안되면서 시작되었다(Becker and Wise, 2009). 미국은 1979년에 국립표준기술원(National Institute of Standard and Technology)과 환경보호청(Environmental Protection Agency)의 공동 사업으로 시작되었고, 현재는 해양환경시료은행(MESB)으로 통합하여 표준시료 제작과 인간의 간과 혈액, 음식, 홍합류, 굴, 어류 조직, 해양 침전물 및 해양 포유류 등의 시료를 저장, 분석하고 있다(김 등, 2008; 이와 김, 2012). 일본도 1979년에 환경부 소속 국립연구기관인 국립환경연구소(National Institute for Environmental Studies, NIES)에서 환경시료와 멸종 위기종에 대한 유전자원을 저장하면서 시작하였다. 이후 환경시료타임캡슐이라는 기관

1)Introduction to National Environmental Specimen Bank

2)LEE, Jangho, LEE, Jongchun, LEE, Eugene, HAN, Areum, YANG, Byeonggug, Ecosystem Assessment Division, National Wetlands Center, National Institute of Environmental Research Ministry of Environment
 E-mail: roundvoid@korea.kr

을 만들어 멸종위기종 조직, 해양시료, 인체 시료 등을 저장, 분석하고 있다(김 등, 2008). 독일은 1979년에 독일연방내무부(German Federal Ministry of the Interior, BMI)와 독일연방연구기술부(German Federal Ministry of Research and Technology, BMFT)의 지원으로 환경시료은행 시범사업(pilot project)을

시작하였다. 현재는 육상생태계에서 독일가문비(*Picea abies*) 등 9종, 담수생태계에서 어류인 Bream (*Abramis brama*) 등 3종, 해양생태계에서 어류인 Eelpout (*Zoarces viviparus*) 등 4종, 그리고 인체시료를 저장, 분석하고 있다(Umwelt Probenbank2). 우리나라도 환경부 국립환경과학원에서 국가환경시료은행



건물 전경



육외 액체질소 공급탱크



쇼저온 액체질소 저장 탱크



시료 쇼저온 분쇄 정정실

그림 1. 국가환경시료은행 전경 및 주요 시설



신갈나무 잎 채취



괭이갈매기 알 채취



집비둘기 알 채취



잣나무 잎 측정 준비



괭이갈매기 알 측정



말소개 측정

그림 2. 환경시료 채취 및 처리



그림 3. 환경시료 채취지점

을 2009년도에 건립하였고, 환경시료의 채취 절차를 포함한 시료은행 표준운영절차(SOP)도 4년여에 걸쳐 마련하였다(그림 1). 그리고 현재는 표준운영절차를 현장에 적용하고, 개선사항을 연구하고 있다. 국가환경시료은행은 현재 육상, 하천, 해양생태계에서 총 8종을 채취하고 있다. 육상생태계에서 소나무, 잣나무, 신갈나무, 느티나무, 집비둘기 알을 채취하고 있고, 하천생태계에서 잉어, 말조개를 채취하고 있다. 해양생태계는 갯벌이갈매기 알을 채취하고 있다(그림 2). 그리고 종별로 지점 당 약 2~3 kg(조류 알과 말조개는 300~500 g)을 채취하고 있다(그림 3).

환경시료은행은 시대와 지역을 대표할 수 있는 환경시료에 대한 장기적·주기적 채취와 더불어 성분변화를 방지하기 위한 초저온 저장을 통해 미래시점에서 회고적 분석을 가능케 하는 시설이다. 따라서 시료은행 기능 구현의 첫 번째 핵심은 시료의 초저온 저장이라 할 수 있다. 왜냐하면 생물체 시료를 장기간 변질 없이 보관하기 위해서는 초저온 저장이 적합하기 때문이다. 초저온은 영하 130도 이하의 상태를 말하는데, 초저

온 상태로 급속 냉각시키면 얼음결정형성에 의한 시료의 물리적 파괴 영향이 거의 없는 것으로 알려져 있다(Rüdel and Weingärtner, 2008). 초저온 냉매로는 액체질소가 많이 사용되는데 비용이 저렴할 뿐만 아니라 산소에 의한 산화반응을 억제하는 역할 또한 한다. 초저온 상태는 시료를 현장에서 채취하는 단계에서부터 시작되는데, 이후 분쇄, 저장, 분석 단계에서도 항상 초저온이 유지되도록 하는 것이 필수적이다.

시료은행 기능 구현의 두 번째 핵심은 분쇄저장이다. 시료를 분쇄하면 많은 양을 작은 부피로 저장할 수 있고, 이질적인 성질의 시료 각 부위들이 고루 섞이는 균질화(homogenisation) 효과도 기대할 수 있다. 시료의 분쇄는 청정실(면지입자 352,000개/m³ 이하) 내에서 수행되며, 분쇄장비로는 1 kg 이상의 시료를 한 번에 분쇄할 수 있는 초저온대형밀링기(Cryo-oscillating mill, KHD, Cologne)와 1 kg 미만을 분쇄하는 소형밀링기(Planetary mill, 독일 Fritsch사)를 사용한다(그림 4, 그림 5). 특히, 초저온대형밀링기는 분쇄과정에 액체질소가 공급되어 초저온



그림 4. 환경시료 분쇄 및 저장



그림 5. 초저온대형밀링기

을 유지하면서 시료를 분쇄할 수 있는 장점이 있다. 분쇄 시료가 적절히 균질화되었는지 여부는 입도분석(분쇄 입자 >90%, 입도 <200 μm)을 통해 판단한다. 분쇄된 시료는 바이알(glass vial)에 저장되는데, 시료의 속성정보와 위치정보는 바코드화되어 관리된다. 이후 시료 바이알은 저장실의 초저온저장탱크에 최종적으로 저장된다. 저장실은 액체질소에 의한 질식위험을 미연에 방지하기

위해 24시간 공조시스템이 가동되며, 산소농도결핍 경보장치 또한 작동된다(그림 6).

시료은행 기능 구현의 마지막 핵심은 초미량 유기 오염물질의 분석이다. 현재 국가환경시료은행은 유기분석기로서 UPLC-QTOF와 무기분석기로서 ICP-MS를 가동하고 있으며, PAHs 유기오염물질 16종과 중금속 등 무기오염물질 7종에 대한 분석절차법 마련을 진행하고 있다(그림 7). 또한

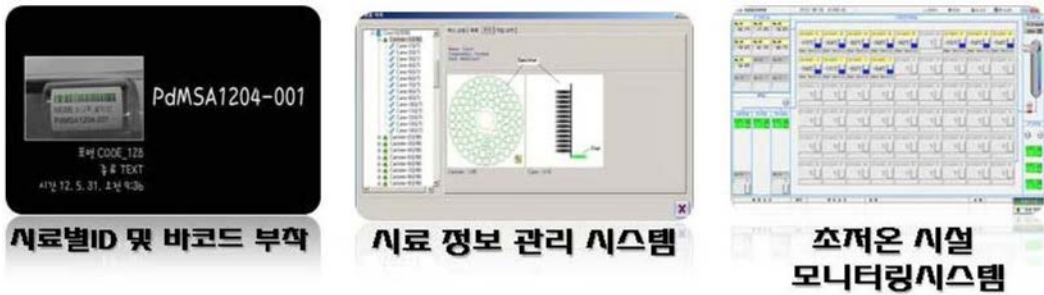


그림 6. 시료 관리 및 초저온 상시모니터링 시스템



그림 7. 초저온 환경시료 오염물질 분석

향후 분석대상항목을 잔류성유기화합물 (Persistent Organic Pollutants, POPs)로 확대할 예정이다.

이와 같이 국가환경시료은행은 환경 시료의 채취, 처리, 분쇄, 초저온저장 및 분석을 각 단계별로 표준화해서 수행하고 있다. 올해로 국가환경시료은행이 시작된 지 3년이 채 안 됐지만, 향후 체계적이고 지속적인 연구를 통해 우리나라 환경오염에 대한 지속 가능한 모니터링을 수행하는 대표시설로 발돋움하고자 한다.

참고문헌

김명진, 유병호, 이석조, 이종천, 이철우, 2008. 환경시료은행의 국제적 동향 및 우리의 대응. 환경영향평가학회지, 17(4): 225-233.
이종천, 김명진, 2012. 선진국 환경시료은행의

특성 분석을 통한 국가환경시료은행의 발전 방안. 자원환경지질, 45(2): 169-180.

Becker, P. R. and S. A. Wise, 2009. 30 years of progress in environmental specimen banking, International symposium on environmental specimen bank.
Kucklick, J., R. Pugh, P. Becker, J. Keller, R. Day, J. Yordy, A. Moors, S. Christopher, C. Bryan, L. Schwacke, C. Goetz, R. Wells, B. Balmer, A. Hohn, and T. Rowles, 2010. Specimen banking for marine animal health assessment, Interdisciplinary Studies on Environmental Chemistry-Environmental Specimen Bank, Eds., T. Isobe, K. Nomiya, A. Subramanian and S. Tanabe, pp. 15-23.
Pugh, R. S., A. J., Moors, L. B., Rust, B. J. Porter, and P. R. Becker, 2010. The Marine Environmental Specimen Bank (Marine ESB): a research and environmental monitoring resource, Interdisciplinary Studies on Environmental Chemistry-Environmental Specimen Bank, Eds., T. Isobe,

- K. Nomiya, A. Subramanian and S. Tanabe, pp. 33-41.
- Rüdel, H. and M. Weingärtner, 2008. Guidelines for sampling and sample processing: storage of environmental samples under cryogenic conditions. Fraunhofer Institute, Germany.
http://en.wikipedia.org/wiki/Deepwater_Horizon_oil_spill, (12 Nov. 2012)
<http://sarasotadolphin.org/2012/01/17/sampling-dolphins-in-the-wake-of-the-deepwater-horizon-oil-spill>, (12 Nov. 2012)
- Umwelt Probenbank1, <http://umweltprobenbank.de/en/documents/selected_results/13744>, (12 Nov. 2012)
- Umwelt Probenbank2, <http://umweltprobenbank.de/en/documents/profiles/specimen_types>, (12 Nov. 2012)