

환경시료은행 환경시료 채취, 초저온 균질화 표준운영절차 개선사항 제안

이장호 · 이종천 · 김명진* · 한아름 · 이유진 · 이상희

국립환경과학원 자연평가연구팀, *자연자원연구과

Sampling and Cryogenic Homogenization of Environmental Samples and Improvement of Operating Procedures in National Environmental Specimen Bank for Long-term Monitoring of Environmental Pollution

LEE, Jangho · Jongchun LEE · Myungjin KIM* · Areum HAN ·
Eugene LEE · Sanghee LEE

Ecosystem Assessment Division,

*Nature Conservation Research Division, National Institute of Environmental Research

ABSTRACT

Environmental Specimen Banks (ESBs) have been known as a system to collect and homogenize and preserve environmental samples cryogenically for long-term monitoring of bio-accumulation of environmental pollutants. In Korea, National Environmental Specimen Bank (NESB) was established in 2009 and its Standard Operating Procedures (SOPs) had been prepared during the period of 2010~2012. In this study, we dealt with the applications of the SOPs for the 7 kinds of specimens (shoots of Red pine (*Pinus densiflora* Siebold & Zuccarini) and Korean pine (*Pinus koraiensis* Siebold & Zuccarini), leaves of Mongolian oak (*Quercus mongolica* Fischer) and Zelkova tree (*Zelkova serrata* Makino), eggs of Feral pigeon (*Columba livia* var. *domestica* Linnaeus), muscles and organs of Common carp (*Cyprinus carpio* Linnaeus), and Freshwater bivalve (*Unio (Nodularia) douglasiae* Griffith & Pidgeon) in 2012. The SOPs were reviewed based on the findings regarding the sample size, period, sampling methods etc.. In addition, the criteria of cryogenic homogenization (particle size $\leq 200\mu\text{m}$) were tested in terms of milling run time and frequency.

Key words : National Environmental Specimen Bank, standard operating procedures, cryogenic homogenization

서 론

환경시료은행은 환경오염 모니터링을 위해 환경시료를 장기간 안정적으로 저장하고 분석하는 곳

이다. 환경시료를 장기간 안정적으로 저장하는 방법으로 초저온($< -130^{\circ}\text{C}$, Rüdél and Weingärtner, 2008) 저장 설비를 이용한다. 초저온으로 저장하면 시료의 이화학적 특성 변화를 줄일 수 있는 장점이 있다(Rüdél and Weingärtner, 2008). 독일, 미국, 일본에서는 1970년대 말부터 환경시료은행을 설립하여 시료를 저장해 왔으며, 미래시점에서 과거 저장시료에 농축된 오염물질을 시계열적으로 분석하여 농도 변동 추이를 모니터링해 왔고, 과거에 무관심했던 오염물질이 미래 시점에서 주요 유해 화학물질로 지정된 경우, 해당 물질의 농축 추이 또한 모니터링해 오고 있다.

독일은 독일가문비(*Picea abies* Karst.) 등 9종을 육상생태계 환경시료로 채취하고 있고, 담수생태계에서 어류인 Bream(*Abramis brama* Linnaeus) 등 3종, 해양생태계에서 어류인 Eelpout(*Zoarces viviparus* Linnaeus) 등 4종, 그리고 인체 시료를 저장, 분석하고 있다(김명진 등, 2008; 이종천과 김명진, 2012). 미국은 인간의 간, 혈액, 음식, 홍합류, 꿀, 어류 조직, 해양침전물 및 해양포유류 등의 시료를 대상으로 하고, 일본은 멸종위기종 조직, 해양시료, 인체시료 등을 대상으로 하고 있다. 우리나라는 2009년에 국가환경시료은행이 건립되었고, 이후 우리 실정에 맞는 환경 시료 채취, 균질화 등의 표준운영절차 수립을 위한 연구를 진행해 오고 있다(국립환경과학원, 2010, 2011, 2012). 채취 절차는 환경시료종의 선정, 조사시기 및 지역, 방법 등을 다루며, 균질화 절차는 시료의 초저온 분쇄, 입도분석을 다루고 있다. 본 연구에서는 소나무(*Pinus densiflora* Siebold & Zuccarini)와 잣나무(*Pinus koraiensis* Siebold & Zuccarini) 가지, 신갈나무(*Quercus mongolica* Fischer)와 느티나무(*Zelkova serrata* Makino) 잎, 집비둘기(*Columba livia* var. *domestica* Linnaeus) 알, 잉어(*Cyprinus carpio* Linnaeus) 근육, 말조개(*Unio (Nodularia) douglasiae* Griffith & Pidgeon) 연체 등 7종의 시료종을 대상으로 채취 운영 절차를 현장에 적용하였고, 그 결과를 검토한 후 개선사항을 제안하였다. 또한 균질화 절차 상의 개선사항을 검토하였고, 일부 종을 대상으로 균질화 과정상의 입도분석을 실시하여 그 결과를 검토하였다.

재료 및 방법

연구기간은 2012년 3~12월로 시료의 채취는 3~11월까지 실시하였으며, 동시에 균질화 작업을 병행하였다.

1. 환경시료 채취

채취지역은 장기적으로 채취가 가능하며, 넓은 분포를 보이는 곳으로 오염 영향의 정도에 따라 2~3개 지역을 선택하였다. 시료로 사용되는 부위는 물질의 농축 특성을 고려하여 선정하였고, 채취시기는 농축기간이나 생리적 특성을 고려하였다. 채취작업은 종별 생리적 특성을 반영하여 수행하였으며, 알 시료($5\pm 3^{\circ}\text{C}$)를 제외한 모든 시료의 운송 및 보관은 화학적 변화와 조직 파괴를 최소화하기 위해 초저온상태($< -130^{\circ}\text{C}$)를 유지하였다.

육상 환경시료는 소나무(*P. densiflora*)와 잣나무(*P. koraiensis*) 가지, 신갈나무(*Q. mongolica*)와 느티나무(*Z. serrata*) 잎, 집비둘기(*C. livia* var. *domestica*) 알이다. 소나무(*P. densiflora*)는 도시지역인 관악산, 자연지역인 월악산과 설악산에서 3~4월에 침엽을 포함한 1년생 가지를 채취하였다(Fig. 1). 잣나무(*P. koraiensis*)는 도시 근교지역인 태화산과 축령산, 그리고 자연지역인 치악산에서 3~4월에

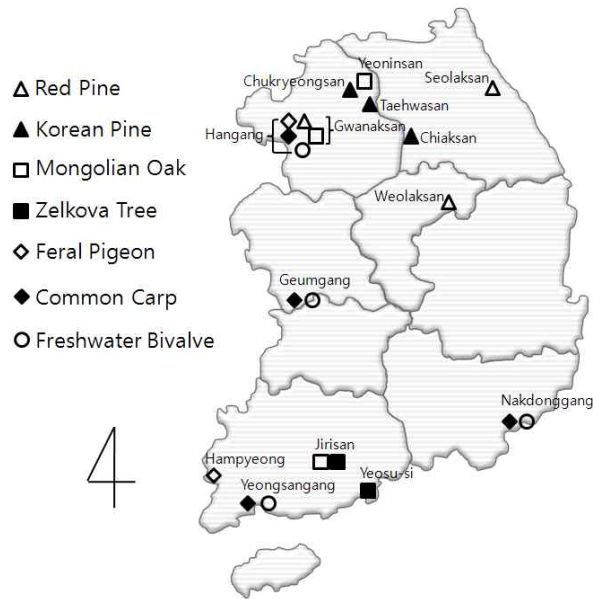


Fig. 1. Sampling sites.

침엽을 포함한 1년생 가지를 채취하였다. 신갈나무(*Q. mongolica*)는 도시지역인 관악산과 근교지역인 연인산, 자연지역인 지리산에서 7~9월에 엽병을 제외한 잎을 채취하였다. 느티나무(*Z. serrata*)는 도시지역인 여수공단과 자연지역인 지리산에서 7~9월에 엽병을 제외한 잎을 채취하였다. 집비둘기(*C. livia* var. *domestica*) 알은 대도시에 속하는 한강시민공원과 소도시에 속하는 함평공원에서 6~9월에 신선한 알을 채취하였다. 하천 환경시료는 잉어(*C. carpio*)와 말조개(*U. (Nodularia) douglasiae*) 2종류였다. 잉어(*C. carpio*)와 말조개(*U. (Nodularia) douglasiae*)는 4대강(한강, 낙동강, 영산강, 금강)을 대상으로 10~11월에 채취하였다. 이렇게 현장 적용한 운영절차는 전문가(수목: 서울대학교 김현석 교수, 조류: 호남대학교 이두표 교수, 어류: 참생태연구소 백현민 소장, 저서성 무척추동물: 한국환경산업기술원 이성진 박사)의 자문검토를 포함하여 고찰되었다.

2. 환경시료 균질화

균질화 작업은 채취 시료를 고루 잘 섞어 성분을 최대한 균일하게 만들면서 저장 부피를 줄여 저장공간의 효율적 활용을 가능케 하는 작업과정이다. 균질화는 청정실(먼지입자 352,000개/m³ 이하) 내에서 초저온을 유지하면서 수행하였다(Fig. 2). 먼저 도구들을 초저온 카트나 용기를 이용하여 초저온으로 냉각시켰다. 이후 텅스텐 카바이드 막자와 사발을 이용하여 수작업으로 1차 균질화한 후, 소형 밀링기를 이용하여 2차 균질화를 실시하였다. 입도 분석의 경우, 분석기가 '12년 10월에 도입되었기 때문에 일부 시료(소나무(*P. densiflora*), 신갈나무(*Q. mongolica*))를 대상으로 예비로 입도분석을 실시하고, 그 결과를 기술하였다. 입도 기준(분쇄 시료의 90% 이상, 200 μ m 이하)은 독일의 표준운영절차를 따랐다(Rüdel et al., 2008).



Fig. 2. Homogenization process.

결과 및 고찰

1. 환경시료 채취

침엽수(소나무(*P. densiflora*), 잣나무(*P. koraiensis*)) 가지 시료에 대한 표준운영절차의 '12년도 적용 결과, 채취 시료량은 기존 '10년도(4~9그루/지역별, 0.5~3.2kg/지역별), '11년도(4~10그루/지역별, 1.4~3.9kg/지역별)와는 달리 '12년도에 가급적 지역별로 10그루 이상, 총 중량 2.3kg 이상(표준운영절차 기준량)의 시료를 채취하였다(Table 1). 활엽수(신갈나무(*Q. mongolica*), 느티나무(*Z. serrata*)) 잎 시료의 경우도, 시료량은 기존 '10년도(6~22그루/지역별, 1.0~4.8kg/지역별), '11년도(3~6그루/지역별, 1.0~2.5kg/지역별)와는 달리 '12년도에 가급적 일정한 수(10그루/지역별)와 중량(2.0~3.0kg/지역별)을 각 지역별로 채취하였다(Table 2). 표준운영절차에는 최소 15그루 이상, 그루당 150g씩 이상으로 기술되어 있는데, 이는 독일환경시료은행 표준운영 절차를 참고하여 임시로 정한 수치이기 때

Table 1. Number of sampled coniferous trees and sampling period

SOP ¹	Study years			
	2010	2011	2012	
No. of sites	<i>P. densiflora</i> : 3 sites (Gwanaksan, Weolaksan, Seolaksan) <i>P. koraiensis</i> : 2 sites (Taehwasan, Chukryeongsan)	<i>P. densiflora</i> : 3 sites (Gwanaksan, Weolaksan, Seolaksan) <i>P. koraiensis</i> : 3 sites (Taehwasan, Chukryeongsan, Seolaksan)	<i>P. densiflora</i> : 3 sites (Gwanaksan, Weolaksan, Seolaksan) <i>P. koraiensis</i> : 3 sites (Taehwasan, Chukryeongsan, Chiaksan)	
No. of trees	<i>P. densiflora</i> : ≥ 15 /site ≥ total 2.3 kg <i>P. Koraiensis</i> : ≥ 15 /site ≥ total 2.3 kg	<i>P. densiflora</i> : 4~9 /site 0.5~3.2 kg/site <i>P. koraiensis</i> : 5~7 /site 0.7~1.6 kg/site	<i>P. densiflora</i> : 4~9 /site 1.4~2.7 kg <i>P. koraiensis</i> : 4~10 /site 1.8~3.9 kg/site	<i>P. densiflora</i> : 10 /site 2.8~3.0 kg/site <i>P. koraiensis</i> : 10 /site 2.8~4.6 kg/site
Period	<i>P. densiflora</i> : Mar.~May <i>P. koraiensis</i> : Mar.~May	<i>P. densiflora</i> : Mar.~May <i>P. koraiensis</i> : Mar.~May	<i>P. densiflora</i> : May~Jun. <i>P. koraiensis</i> : Mar.~Jun.	<i>P. densiflora</i> : Mar.~Apr. <i>P. koraiensis</i> : Mar.~Apr.

1: Standard operating procedure.

Table 2. Number of sampled deciduous trees and sampling period

SOP ¹		Study years		
		2010	2011	2012
No. of sites	-	<i>Q. mongolica</i> : 3 sites (Gwanaksan, Yeoninsan, Jirisan) <i>Z. serrata</i> : 2 sites (Yeosu-si, Jirisan)	<i>Q. mongolica</i> : 3 sites (Gwanaksan, Yeoninsan, Jirisan) <i>Z. serrata</i> : 2 sites (Yeosu-si, Jirisan)	<i>Q. mongolica</i> : 3 sites (Gwanaksan, Yeoninsan, Jirisan) <i>Z. serrata</i> : 2 sites (Yeosu-si, Jirisan)
No. of trees	<i>Q. mongolica</i> : ≥ 15 /site ≥ total 2.3 kg <i>Z. serrata</i> : ≥ 15 /site ≥ total 2.3 kg	<i>Q. mongolica</i> : 6~22 /site 1.1~2.8 kg/site <i>Z. serrata</i> : 7~15 /site 1.0~4.8 kg/site	<i>Q. mongolica</i> : 6 /site 2.0~2.5 kg <i>Z. serrata</i> : 3 /site 1.0~1.1 kg/site	<i>Q. mongolica</i> : 10 /site 3.0 kg/site <i>Z. serrata</i> : 10 /site 2.0~3.0 kg/site
Period	<i>Q. mongolica</i> : Aug.~Sep. <i>Z. serrata</i> : Aug.~Sep.	<i>Q. mongolica</i> : Jul.~Aug. <i>Z. serrata</i> : Jul.~Aug.	<i>Q. mongolica</i> : Sep. <i>Z. serrata</i> : Sep.	<i>Q. mongolica</i> : Jul.~Sep. <i>Z. serrata</i> : Sep.

1: Standard operating procedure.

Table 3. Number of sampled pigeon (*C. livia* var. *domestica*)'s eggs and sampling period

SOP ¹		Study years		
		2010	2011	2012
No. of sites	-	2 sites (Hangang, Hampyeong)	2 sites (Hangang, Hampyeong)	2 sites (Hangang, Hampyeong)
No. of eggs (ea.)	≥ 25 /site	12~21 /site	21 /site	17~20 /site
Period	Mar.~Aug.	Apr.~Jun.	Mar.~Nov.	Jun.~Sep.

1: Standard operating procedure.

문에 우리 실정에 맞는 합리적인 수치 산정이 필요하다는 자문 의견이 제안되었다. 즉, 동일 채취지점 내 개체들 간의 특정 오염물질의 농도 차이가 어떤 패턴을 보이는 지를 검토한 후 통계분석을 통해 적정한 채취 개체수를 각 지역별로 산정하는 작업이 필요하다.

채취 부위는 기존(표준운영 절차와 '10년, '11년 적용 연구)에는 가지의 형태적 구분을 고려치 않고 채취했으나, '12년에는 양엽과 음엽으로 가지를 구분하여 채취하는 방안이 검토되었다. Fig. 3(a,b)처럼 양엽 가지는 수관 바깥쪽에서 햇빛을 많이 받아 침엽이 크고 무성한 반면, 음엽 가지는 햇빛을 상대적으로 적게 받아 침엽이 다소 성기게 달린다. 이러한 형태적 특성에 따라서 양엽 가지와 음엽 가지 간에 대기 오염물질의 흡착 정도가 달라질 수 있다. 이에 양엽 가지와 음엽 가지를 구분하여 채취하는 것이 고려될 필요가 있다. 그리고 가지 채취 순서에서도 기존 표준운영 절차 상에는 상세하

Table 4. Number of sampled carp (*C. carpio*) and sampling period

	SOP ¹	Study years		
		2010	2011	2012
No. of sites	-	4 sites (Hangang, Nakdonggang, Yeongsangang, Geumgang)	4 sites (Hangang, Nakdonggang, Yeongsangang, Geumgang)	4 sites ² (Hangang, Nakdonggang, Yeongsangang, Geumgang)
No. of individuals	6~10 /site	3~5 /site	3~6 /site	5~7 /site
Period	Sep. ~Nov.	Oct. ~Nov.	Nov.	Oct. ~Nov.

1: Standard operating procedure, 2: Nakdonggang, Geumgang: no carp caught.

Table 5. Number of sampled Freshwater bivalve (*U. (Nodularia) douglasiae*) and sampling period

	SOP ¹	Study years		
		2010	2011	2012
No. of sites	-	2 sites Nakdonggang, Geumgang)	2 sites Nakdonggang, Geumgang)	4 sites (Hangang, Nakdonggang, Yeongsangang, Geumgang)
No. of individuals	≥ 20 /site	16 [†]	47 [‡]	6~69 /site
Period	Sep. ~Nov.	Oct.	Nov.	Oct. ~Nov.

1: Standard operating procedure, [†] : Nakdonggang, [‡] : Geumgang.

게 규정되지 못한 측면이 있었다. 이에 '12년도에는 상세한 규정을 마련하여 상황에 따라 상이하게 채취되는 경우가 최소화되도록 하였다. Fig. 3(c)에 나타난 것처럼 수간(樹幹) 아래에서 위쪽 방향으로 2~4번째 사이의 제1측지를 4방위에서 각각 선택하고, 제1측지의 끝에서 수간쪽으로 2~3개의 제2측지를 채취한 후 채취된 총 8~12개의 제2측지에서 1년생 가지를 채취한 후, 양엽 가지와 음엽 가지를 반반씩 취하였다. 채취시기는 기존 표준운영 절차 상에 매년 3~5월로 되어 있다. 하지만, 채취시기가 늦어지면 당년지(當年枝)가 눈(bud) 상태가 아니라 신엽(新葉) 상태로 포함될 가능성이 커지기 때문에 채취시기를 앞당길 필요가 있다(Fig. 4). 이에 '12년도에는 새순이 자라기 전인 3~4월 초에 채취를 완료하였다. 이에 대한 자문 검토 결과, 위도에 따라 성장시기가 다르기 때문에 남부지방은 3월 초 이전에 중부지방은 3월 중순 이전까지는 채취를 완료하는 것이 타당하다는 의견이 제안되었다.

집비둘기(*C. livia* var. *domestica*) 알 시료의 경우, 채취 지역은 대도시에 속하는 한강공원과 소도시의 함평공원으로 전년도와 동일하나, 한강공원의 경우 세부 채취지역의 변화가 있었다. 집비둘기(*C. livia* var. *domestica*)가 유해 야생동물로 지정되어 둥지 관리(둥지 내 오염물 제거 등)가 제대로 이루어

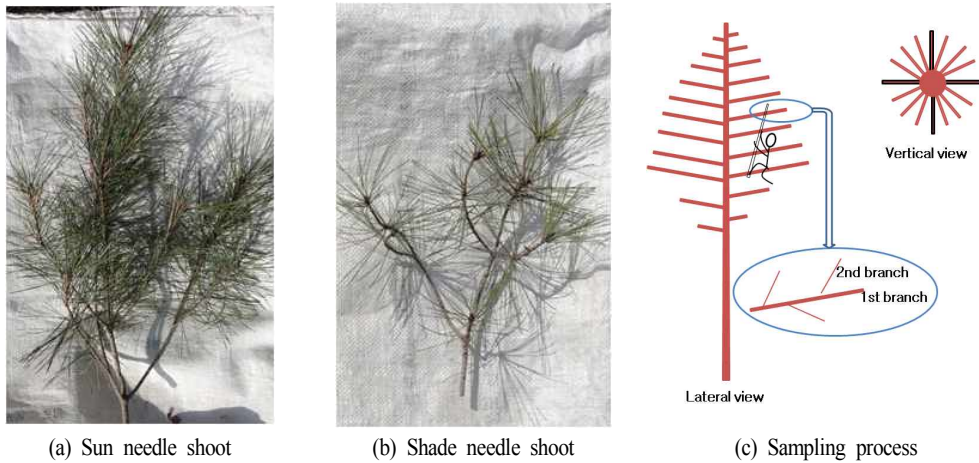


Fig. 3. Sampling process of coniferous trees.

※ (a), (b): Weolaksan, March 2012

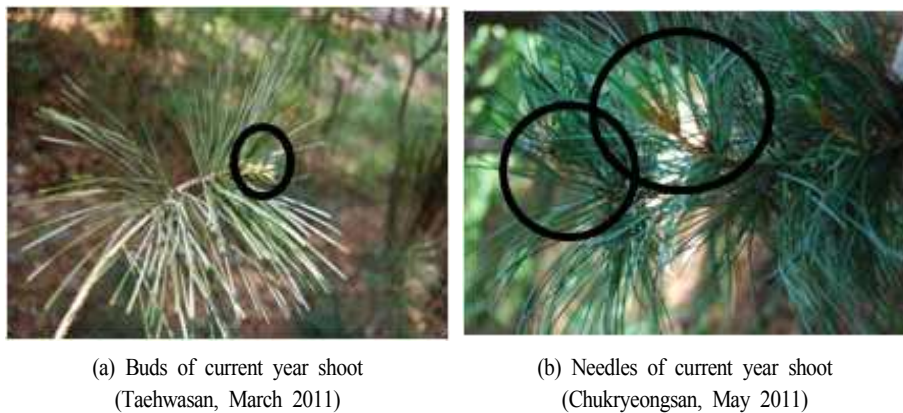


Fig. 4. Comparison between buds and needles of current year shoots.

(이장호 등, 2012)

지지 않고 있었고(Fig. 5), 둥지 자체가 철거된 곳(잠실, 양화지구)도 있었다. 함평공원도 둥지 관리가 제대로 이루어지지 않고 있어 향후 둥지 관리를 국가환경시료은행에서 전담하는 방안을 함평읍에 제안하였다. '12년도(한강 17개, 함평 20개) 채취량은 기존 '10년도(한강 21개, 함평 12개), '11년도(한강 21개, 함평 21개)와 비슷하게 채취되었다(Table 3). 발생단계 확인방법은 기존(표준운영절차와 '10년, '11년 적용연구)에는 실험실로 운송하여 확인했으나, '12년에는 현장에서 바로 확인하여 배발생 초기상태의 알만 취하는 방법을 적용하였다(Fig. 5, 6). 기존처럼 채취한 알을 실험실로 운송하여 부유시험법(floating test)을 적용하여 배발생 초기상태의 알만 취하고, 나머지 알은 제외시키는 경우, 알 시료의 손실이 발생하기 때문이다. 채취시기에 따라 알의 오염물질 농축 특성이 달라질 수 있고, 1차 번식 실패 후 2차 번식에서 산란된 알의 경우는 오히려 오염물질이 낮은 농도를 보일 가능성 있기 때문에, 지역 간 비교를 위해 이 부분을 유의해야 한다는 자문 의견이 제안되었다.



Fig. 5. Sampling of feral pigeon's eggs.

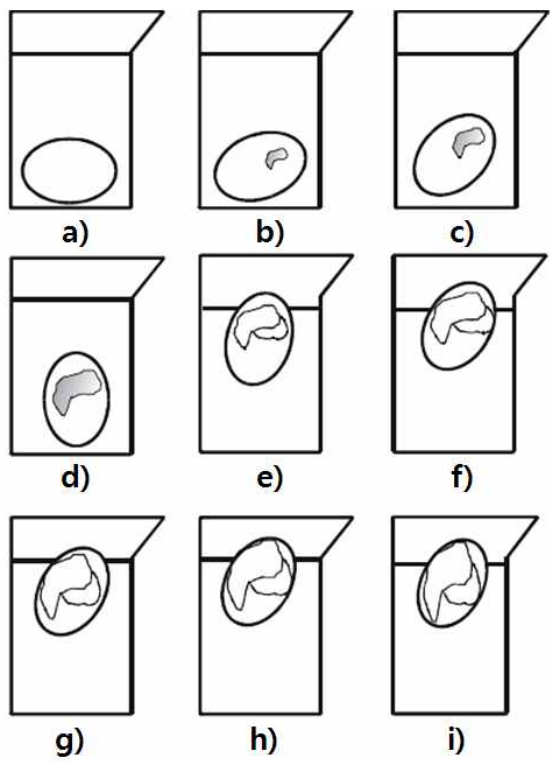


Fig. 6. Incubation stages of bird's eggs.
(Hays and LeCroy, 1971)

잉어(*C. carpio*) 시료의 채취 표준운영절차의 '12년도 적용 결과, 채취지역은 '10년, '11년과 동일하고, 채취시기는 조사 여건에 따라 10월에서 11월로 다소 차이가 있었다. 한강은 7마리, 영산강은 5마리를 채집하였다(Table 4). 낙동강, 금강은 1차례씩 채집을 시도했으나, 어부 섭외 등의 조사 여건이 충분치 않아 포획하지 못했다. 채취 개체수는 표준운영절차상 6~10개체로 기술되어 있다. 자문검토 결과, 대표성을 확보하기 위해서는 10개체 이상을 채취하는 것이 바람직하다는 의견이 제안되었다. 연령 구분에서는 5~10년생의 체장 또는 체중과 연령의 관계지표를 파악하여 간접적으로 추정하는 방법이 표준운영절차에는 기술되어 있는데, 연륜이 뚜렷한 등지느러미 기점과 측선 사이의 중앙부에서 개체 당 5매 이상 비늘을 채취하여 직접 연령을 분석하는 방법이 자문의견으로 제안되었다.

말조개(*U.(Nodularia) douglasiae*) 시료의 경우, '12년도 채취지역에 한강과 영산강을 추가하였고, 채취시기는 조사 여건에 따라 10월에서 11월로 다소 차이가 있었다(Table 5). 표준운영절차상 채취지역은 지속적인 물 교환이 이루어지는 지역을 선정토록 기술되어 있다. 이에 대해 유속이 느리고, 모래톱이 형성된 지역(모래 60~70%, 자갈 30~40%)으로 구체적인 기술이 필요하다는 의견이 제안되었다.

채취 개체수에서도 사전조사를 통해 개체군 특성(총 개체량, 분포 등)을 파악하고, 개체군의 지속

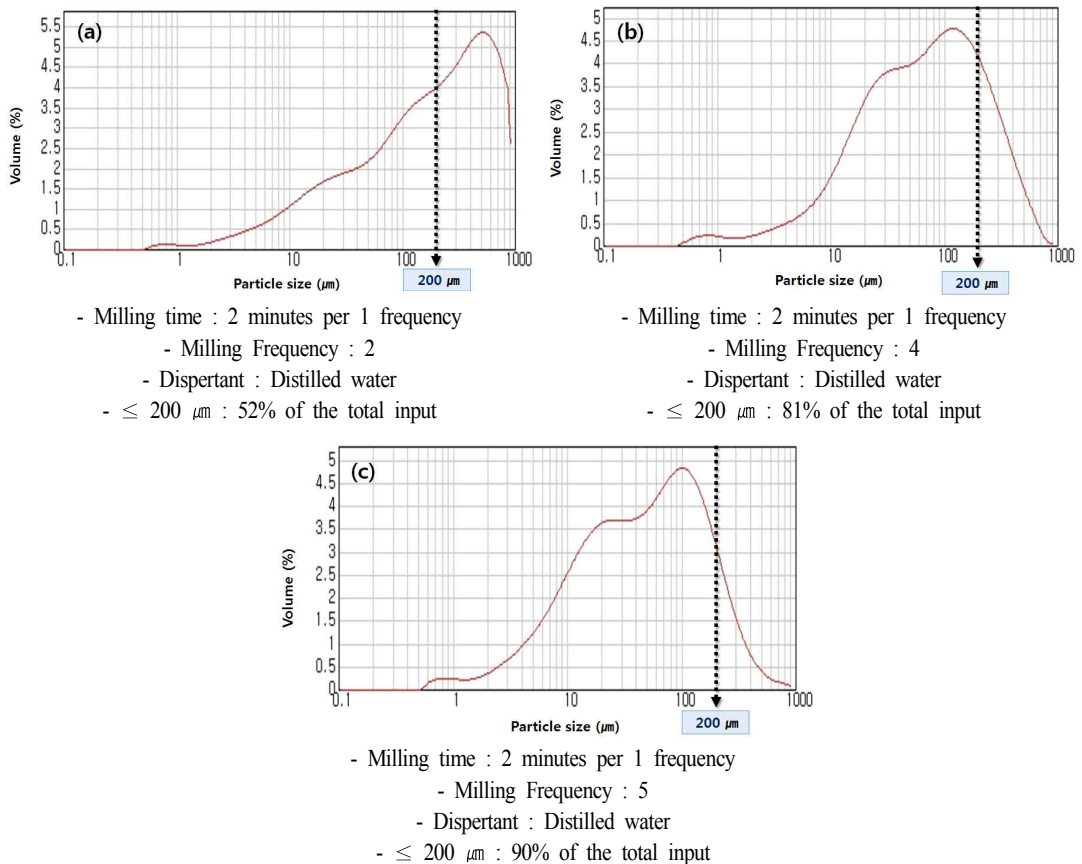


Fig. 7. Particle sizes of Red pine's shoots (Weolaksan) milled in different conditions.

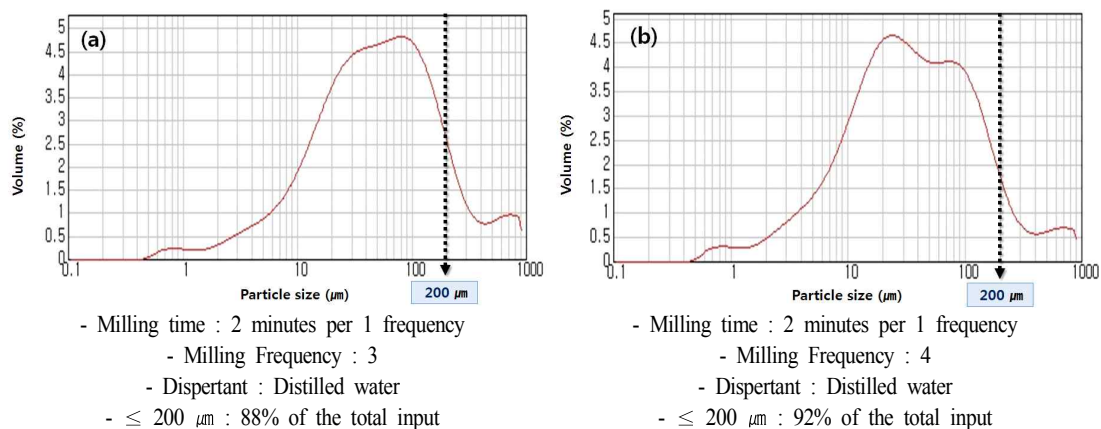


Fig. 8. Particle sizes of Mongolian oak's leaves (Gwanaksan) milled in different conditions.

가능성을 검토하는 작업이 선행되어야 하는 점이 강조되었다. 연령 구분을 위해 패각의 길이와 연령의 관계지표를 파악하여 간접적으로 추정하는 기존방법은 패각의 길이가 서식환경에 따라 달라질 수 있기 때문에, 성장맥을 직접 확인하는 방법이 타당하다는 의견이 제안되었다.

2. 환경시료 균질화

환경시료의 균질화는 단계별로 초저온을 유지하며 실시하였다. 먼저 분쇄에 필요한 도구들을 초저온 카트나 용기를 이용하여 초저온으로 냉각시켰다. 이후 텅스텐 카바이드 막자와 사발을 이용하여 수작업으로 1차 분쇄한 후, 소형 밀링기를 이용하여 2차 분쇄를 실시하였다. 분쇄 표준운영 절차 적용, 검토에서는 소나무(*P. densiflora*) 가지와 신갈나무(*Q. mongolica*)를 대상으로 분쇄공정별 입자 크기를 비교하여 기준에 적합한 공정을 검토하였다. Fig. 7과 8은 소형 밀링기를 이용하여 350rpm으로 2분씩 횟수를 달리 하며 수목시료의 입도를 분석한 결과를 나타낸 것이다. 소나무(*P. densiflora*) 가지는 2분씩 5회 분쇄했을 때 입도 기준(분쇄 시료의 90% 이상, 200 μm 이하)에 도달하였고, 신갈나무(*Q. mongolica*) 잎은 2분씩 4회 분쇄했을 때 입도기준(분쇄 시료의 90% 이상, 200 μm 이하)에 도달하였다. 향후 시료종별(알, 잉어, 말조개 등)로 입도분석을 실시하여 종류별 적정 분쇄기준을 마련하는 작업이 필요하다.

결 론

환경오염 모니터링을 장기적으로 수행하기 위해서는 대상 시료의 안정적 채취와 저장이 중요하다. 우리나라는 2009년에 국가환경시료은행을 건립하여 우리 실정에 맞는 환경시료 채취, 균질화 등의 표준운영절차 수립을 위한 연구를 진행해 왔다. 본 연구에서는 환경시료 채취 절차로 환경시료종의 선정, 조사시기 및 지역, 방법 등을 다루었으며, 균질화 절차로 시료의 초저온 분쇄, 입도 분석 등을 다루었다. 표준운영 절차 상의 채취 수량은 독일환경시료은행의 운영절차를 참고하여 임의로 정한

수치로서 현장 채취 시료의 유기 오염물질 농도의 변동 분석을 통해 합리적인 채취량을 산정하는 작업이 필요하다. 균질화 작업은 채취시료를 고루 잘 섞어 성분을 최대한 균일하게 만들면서 저장 부피를 줄여 저장공간의 효율적 활용을 가능케 하는 작업과정이다. 그리고 그 기준을 200 μ m 이하의 입도로 잡고 있다. 본 연구에서는 수목시료 2종(소나무(*P. densiflora*), 신갈나무(*Q. mongolica*))에 대해서 기준 입도를 만족하는 균질화 절차를 검토하였다. 시료별 물성(동물(근육, 연체, 알), 식물(침엽, 활엽))에 따라 균질화의 강도가 달라질 수 있기 때문에, 시료 종류별로 입도분석을 추가하는 작업이 필요하다.

우리나라도 국가환경시료은행 건립으로 환경오염물질의 생물 농축에 대한 지속가능한 모니터링 체계 구축의 첫걸음을 내딛었다고 할 수 있다. 향후에도 지속적인 운영절차 보완을 통해 환경시료은행 기능을 내실 있게 확립하는 것이 중요하다.

사 사

본 연구는 2012년 ‘국가환경시료은행 시료채취 및 처리 표준운영절차 활용 연구(III)’의 일환으로 수행되었습니다. 그리고 본 연구에 협조해 주신 국립공원관리공단, 서울특별시한강사업본부, 함평읍 사무소, 여수시 흥국사 등에 감사드립니다.

인용문헌

- 국립환경과학원, 2010. 국가환경시료은행 시료채취 및 처리 표준운영절차 활용 연구(I). 국립환경과학원, pp 31.
- 국립환경과학원, 2011. 국가환경시료은행 시료채취 및 처리 표준운영절차 활용 연구(II). 국립환경과학원, pp 32.
- 국립환경과학원, 2012. 국가환경시료은행 시료채취 및 처리 표준운영절차 활용 연구(III). 국립환경과학원, pp 26.
- 김명진, 유병호, 이석조, 이종천, 이철우, 2008. 환경시료은행의 국제적 동향 및 우리의 대응. 환경영향평가 17(4) : 225-233.
- 이장호, 이종천, 김명진, 한아름, 이유진, 바테 라빈드라, 김민성, 2012. 국가환경시료은행 시료 채취, 분쇄, 저장과 개선방안 고찰. 환경영향평가 21(6) : 823-839.
- 이종천, 김명진, 2012. 선진국 환경시료은행의 특성 분석을 통한 국가환경시료은행의 발전방안. 자원환경지질 45(2) : 169-180.
- Hays, H. and M. LeCroy, 1971. Field criteria for determining incubation stage in eggs of the common term. Wilson Bull. 83 : 425-429 cited in Paulus, M., M. Bartel, R. Klein, M. Quack, K. Tarricone, D. Teubner, and G. Wagner, 2010. Guideline for Sampling and Sample Treatment, Feral Pigeon(*Columba livia* var. *domestica*). Trier University, Germany, pp 17.
- Rüdel H., S. Uhlig and M. Weingärtner, 2008. Pulverisation and homogenisation of environmental samples

by cryomilling. Fraunhofer Institute, Germany, pp 8.

Rüdel, H., and M. Weingärtner, 2008. Guidelines for sampling and sample processing: storage of environmental samples under cryogenic conditions. Fraunhofer Institute, Germany, pp 7.

요 약

환경시료은행은 환경오염 모니터링을 위해 환경시료를 장기간 안정적으로 저장하고 분석하는 곳이다. 우리나라는 2009년에 국가환경시료은행을 건립하여 우리 실정에 맞는 환경시료 채취, 균질화 등의 표준운영절차 수립을 위한 연구를 진행해 왔다. 본 연구에서는 소나무(*P. densiflora*)와 잣나무(*P. koraiensis*) 가지, 신갈나무(*Q. mongolica*)와 느티나무(*Z. serrata*) 잎, 집비둘기(*C. livia* var. *domestica*) 알, 잉어(*C. carpio*) 근육, 말조개(*U. (Nodularia) douglasiae*) 연체 등 7종의 시료종을 대상으로 채취된 영절차를 현장에 적용하였고, 그 결과를 검토한 후 개선사항을 제안하였다. 또한, 균질화 과정의 개선사항을 검토하였고, 소나무(*P. densiflora*) 가지와 신갈나무(*Q. mongolica*) 잎을 대상으로 입도분석을 실시하여 그 결과를 검토하였다.

검색어 : 국가환경시료은행, 표준운영절차, 초저온 균질화