

환경호르몬 없는 아동 친화 공간 만들기 사업

최종보고서

환경호르몬 없는
아동 친화
공간 만들기
사업

최종보고서

2022. 02. 28



1. 사업 개요

추진배경 및 필요성	4
사업 목적	4

2. 사업 경과

사업 제안 간담회 및 사업설명회	5
사업 신청현황	7
현장 조사	8
현장 조사 결과	9
사업 대상 기관 선정	11
리모델링 업체 선정	12
친환경 제품 교체	13

3. 리모델링 후 사업 결과

친환경 제품 추가 지원	15
리모델링 공사	18
먼지 내 환경호르몬 조사 결과	19
보육 공간 내 어린이들의 소변 조사 결과	20
본 사업 결과 및 성과의 언론 보도	21
사업 완료 현판식	21
친환경 어린이집 조성을 위한 매뉴얼	22

4. 환경호르몬 없는 아동 친화공간 만들기 사업의 성과

【부록 1】 환경호르몬 없는 아동 친화공간 만들기 사업 현장 조사 보고서	25
---	----

【부록 2】 바닥재 프탈레이트 분석 결과	55
-------------------------------	----

【부록 3】 리모델링 및 제품 교체 대상 기관 선정을 위한 선정위원회 결과 보고	57
---	----

【부록 4】 리모델링 업체 선정 과정	61
-----------------------------	----

【부록 5】 제품 교체 지원 내역	67
---------------------------	----

【부록 6】 친환경 리모델링 효과 평가 보고서	95
----------------------------------	----

【부록 7】 환경호르몬 없는 아동 친화공간 만들기 사업 친환경 리모델링 감리 보고서	163
---	-----

【부록 8】 현판식 실적	179
----------------------	-----

【부록 9】 친환경 어린이집 조성을 위한 매뉴얼	185
-----------------------------------	-----

환경호르몬 없는 아동 친화 공간 만들기 사업

최종보고서

1. 사업 개요

추진배경 및 필요성

- 어린이는 환경호르몬 노출과 그로 인한 건강영향의 피해를 가장 광범위하게 받을 수 있는 대표적인 **민감군**이라고 할 수 있음. **성장 발달단계**에 있기 때문이기도 하고 **생활 속 환경호르몬 노출원과 가깝게 생활**하고 있기 때문임
- 어린이집은 아이들이 하루 일과의 절반을 보내는 중요한 보육공간임. 이에 따라 **어린이집을 대상으로 더 안전한 어린이 생활공간을 조성하는 것**에 본 사업의 목적이 있음
- 본 사업은 지속가능한 사회를 지지하고 사회적 책임을 다하고자 하는 금융산업 공익단의 공익적 노력을 담은 것으로써 **미래세대 주역인 어린이들의 건강을 안전하게 돌보자는 취지**에서 기획되었음

사업목적



대표적인 어린이 보육환경인 어린이집과 지역아동센터에서
환경호르몬 소스를 찾아내어 제거



보육환경을 개선함으로써
어린이들의 **환경호르몬 노출을 줄일 수 있다**는 것을 확인



환경호르몬으로부터 안전한 보육환경 조성의 성공사례를 만들고
이를 **사회에 알림**

2. 사업 경과

사업 제안 간담회 및 사업설명회

안산지역 시립 어린이집 대상

사업제안 간담회 : 안산시립어린이집연합회

- | 일정 : 5월 21일(금) / 안산다문화지원센터 센터장실
- | 참석 : 최영미(안산시립어린이집연합회 회장·부곡어린이집 원장), 문숙현(안산다문화지원센터 센터장), 김원, 최인자, 박수미

사업설명회

- | 일정 : 7월 23일(금) 오전 11시~ / 온라인(ZOOM)
- | 참석 : (아래 표 참조)

[안산 시립 어린이집 사업 설명회 참여 단체]

어린이집	참석자	어린이집	참석자
시립부곡어린이집	최영미	시립월피어린이집	이시자
시립루씨	김선주	시립화랑	이은희
시립e편한세상 선부	김성은	시립아기별어린이집	이인용
시립초지롯데	김영임	시립호수	이정미
시립에다움어린이집	김지영	시립외동	임준구
시립안산보듬이나눔어린이집	김진경	시립성안	전청미
시립고잔어린이집	박현주	시립대부	정소희
시립e편한세상상록	백언정	시립라프리모어린이집	정순례
시립대덕	심은영	시립하은파복	조경애
시립초지파크	오은환	시립에코어린이집	조봉희
시립단원	유정숙	시립원초어린이집	조진영
시립힐스테이트어린이집	이미경	시립달미어린이집	최현정
시립수암어린이집	이미라	시립성포파크어린이집	최현진
기타	시립중앙어린이집, 김한희, 시립, 윤희옥, 이인자, 최순자, 서영미, lim jungu		

서울지역 지역아동센터

[(사)전국지역아동센터협의회 서울특별시협의회 소속] 대상

자문회의

- | **일정** : 5월 21일(금) / 평화의교회 지역아동센터 회의실
- | **참석** : 박경양(평화의교회 지역아동센터장(전 전국지역아동센터협의회 이사장)), 김원, 최인자, 박수미

사업제안 간담회 : 전국지역아동센터협의회 서울지부

- | **일정** : 7월 23일(금) / 은광지역아동센터 회의실
- | **참석** : 김명자(지부장·은광지역아동센터 시설장), 김은영(부지부장·다솔지역아동센터 시설장), 김원, 최인자, 박수미

사업설명회

- | **일정** : 7월 29일(목) 오전 11시~ / 온라인(ZOOM)
- | **참석** : (아래 표 참조)

[서지협 소속 지역아동센터 사업 설명회 참여 단체]

어린이집	참석자
서지협 사무국	
광암지역아동센터	신지은
구로푸른학교지역아동센터	모희자
구립석관꿈나무키움돌봄센터	전해숙
다솔지역아동센터	김은영
월곡 지역아동센터	조유숙
은광지역아동센터	김현석
좋은친구청소년지역아동센터	박민선, 배학주

사업 신청현황

많은 어려움*에도 불구하고
안산소재 시립 어린이집(일부 서울 소재 어린이집)과 서울 소재 지역아동센터
각 10개소와 9개소에서 사업 신청을 받음

[사업 신청 기관 현황 - 어린이집]

+ 리모델링 선정 대상 기관으로 신청한 시설

연번	어린이집	주소
1	시립감골어린이집	안산시 상록구 선진로 69
2	시립단원어린이집	안산시 단원구 화정천동로 254
3	은하수어린이집	서울 양천구 남부순환로33길 37
4	시립선부어린이집 +	안산시 단원구 지곡로 48
5	시립수암어린이집 +	안산시 상록구 수암길26
6	시립아기별어린이집 +	안산시 단원구 신길로 94. 507동
7	시립메다움어린이집	안산시 상록구 건건로 82
8	시립이동어린이집 +	안산시 상록구 매화로1길 51
9	목2동어린이집	서울 양천구 목동중앙본로 104-1
10	웃는아이어린이집 +	안산시 단원구 외개길 28

[사업 신청 기관 현황 - 지역아동센터]

+ 리모델링 선정 대상 기관으로 신청한 시설

연번	지역아동센터	주소
1	갈현지역아동센터	은평구 갈현로 282
2	구로푸른학교지역아동센터	구로구 가마산로 23길 27. 2층
3	생명강지역아동센터 +	종랑구 동일로123길 21
4	솔나무지역아동센터	동작구 등용로9길 2
5	우리모여지역아동센터	동작구 사당로22나길 69
6	은광지역아동센터 +	은평구 녹번로 55 3층
7	경향지역아동센터	서울 강서구 화곡로63길 19 교육관 3층
8	청운지역아동센터	동작구 국사봉1길 145
9	우리함께다문화지역아동센터	안산시 단원구 관산2길 17-1

* 많은 어려움 - 코로나로 인한 어린이집 휴원 명령, 여름 휴가로 인한 휴원, 외부 조사 인원 접근성 제한 등으로 전체 일정에 차질이 생김
안산 지역의 경우, 다문화 가정의 많은 부모님과 소통 문제로 사업 참여의 어려움을 고민한 경우가 많았음
지역아동센터의 경우 자가 소유 건물이 아닌 경우가 많아 사업 참여를 못하는 곳이 많았음
아이들의 소변검사에 대한 어려움이 예상되어 사업 참여를 주저하는 경우가 많았음

현장 조사

- 사업신청을 받은 곳을 대상으로 리모델링 및 물품지원 대상 시설을 선정하기 위해 19개소에 대한 현장 조사를 실시함 ➡ 19개소 완료, 전체 조사 결과는 **부록 1** 참조, 개별 기관 조사 결과 보고서 샘플은 **별책** 참조
- 현장조사는 모든 시설에 대해서 환경호르몬 소스를 점검함

[현장 조사 기관 현황]

✦ 리모델링 선정 대상 기관으로 신청한 시설
✧ 보충조사

일정	조사 대상 기관	
8월 24일[화]	청운지역아동센터	솔나무지역아동센터
8월 26일[목]	우리모여지역아동센터	은광지역아동센터 ✦
8월 27일[금]	구로푸른학교지역아동센터	갈현지역아동센터
8월 31일[화]	시립수암어린이집 ✦	시립에다움어린이집
9월 1일[수]	시립감골어린이집	시립아기별어린이집 ✦
9월 2일[목]	우리함께다문화지역아동센터	시립단원어린이집 웃는아이어린이집 ✧
9월 3일[금]	시립이동어린이집 ✦	시립선부어린이집 ✦
9월 6일[월]	목2동어린이집	생명강지역아동센터 ✦ 경향지역아동센터
9월 7일[화]	시립에다움어린이집 ✧	웃는아이어린이집 ✦
10월 27일[수]	은하수어린이집	

- 사업 선정시 리모델링 대상으로 신청한 곳에 대해서는 바닥재(장판류 등)에 대한 샘플 채취 및 분석을 실시함 ➡ **부록 2** 참조
- 조사 대상 기관 내 1차 먼지 채취(리모델링 전) 채취 : 15건
- 조사 대상 기관 어린이들 1차 소변(리모델링 전) 채취 : 83건

현장 조사 결과

조사에 참여한
어린이집 및 지역아동센터 19개소를 방문해
가구, 건축재, 그리고 어린이제품들을 조사함

각 카테고리별 시설물이나 제품 재질의
PVC의 여부와 중금속의 함유 여부 및 함량을
즉각적으로 확인할 수 있는
Portable XRF X-ray fluorescent Analyzer를 이용하여
각 카테고리별 제품과 재질들을 확인함

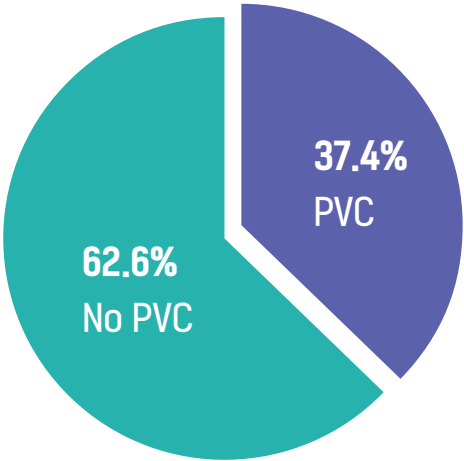
XRF를 이용한 조사는 총 3,814회 이루어짐

제품 부위를 하나의 제품으로 합칠 경우,
2,767개의 제품 혹은 설비에 대한 조사가 이루어짐

조사결과 PVC 재질로 확인된 것은 37.4% 였음


PVC 재질의 경우, 프탈레이트와 같은
환경호르몬의 노출 소스가 될 수 있으므로
안전한 재질의 제품으로 대체 필요

[조사 대상의 PVC 재질 여부의 비율]



- 제품 혹은 설비별로 PVC 재질이 확인된 비율은 아래와 같음
PVC 재질로 확인된 비율이 가장 높았던 그룹은 건축자재 항목이었음

[제품/설비별 PVC 재질의 확인 비율]

카테고리	PVC 여부 (빈도 / %)		전체
	NO PVC	PVC	
가구류	NO PVC [498 / 57.7%]	PVC [365 / 42.3%]	863
건축재	NO PVC [288 / 45.1%]	 PVC [350 / 54.9%]	638
어린이제품	NO PVC [945 / 74.6%]	PVC [321 / 25.4%]	1,266
전체	NO PVC [1,731 / 62.6%]	PVC [1,036 / 37.4%]	2,767

- 특히, **PVC 재질의 바닥 장판재**의 경우 어린이들이 직접 접촉하기도 하고 프탈레이트 노출 소스가 되기 때문에 안전한 제품으로 교체되어야 하는 대표적인 자재임



본 사업의 리모델링 지원을 통해 **안전한 재질의 바닥재로 교체**하였음

사업 대상 기관 선정

- 현장점검 및 바닥재 분석 결과를 토대로 내부 선정기준에 의해 **리모델링 대상 7개소**를 선정함

[리모델링 대상 선정 기관]

연번	어린이집	주소
1	시립선부어린이집	안산시 단원구 지곡로 48
2	시립수암어린이집	안산시 상록구 수암길26
3	시립아기별어린이집	안산시 단원구 신길로 94. 507동
4	시립이동어린이집	안산시 상록구 매화로1길 51
5	웃는아이어린이집	안산시 단원구 외개길 28
6	은광지역아동센터	은평구 녹번로 55 3층
7	생명강지역아동센터**	중랑구 동일로123길 21

**** 리모델링 대상 기관 선정 통보 받은 후 공사에 대한 부담 때문에 리모델링 대상에서 제품 교체 대상 기관으로 변경을 요구함. 따라서 리모델링 대상 기관은 최종 6개소로 선정됨**

- 공정한 선정을 위해 **선정위원회**를 운영하여 **투명한 선정절차**를 거침
 ➡ **선정위원회 선정 결과는** **부록 3** 참조
- 생명강지역아동센터의 경우, 리모델링 대상 기관으로 선정된 후 **리모델링 공사에 대한 부담** 때문에 **제품 교체 대상 기관으로 변경** 요청함



최종적으로 **6개소**가 리모델링 대상 기관으로 선정되었고, 나머지 **13개소**는 **제품 교체 대상 기관으로 선정**됨



리모델링 업체 선정

- 6개 리모델링 대상 어린이집 및 지역아동센터를 대상으로 **환경호르몬 소스가 되는 바닥재를 기본으로 안전 한 건축재로 대체되어야할 대상들에 대한 물량조사**를 실시함
- 오랫동안 어린이집 환경 개선 사업을 수행해 왔던 **한국환경산업기술원의 협조**를 받아 친환경 자재를 이용한 아동친화공간 개선 사업에 **적합한 업체, 협회, 기관 등을 추천**받음
- 한국에코인테리어 진흥협회**(환경부의 환경인증제품을 사용하기 위해 환경부와 자발적 협약을 맺은 기업들 의 협회) 소속 기업, 리모델링을 업종으로 하는 **사회적 기업**, 그리고 **한국환경산업기술원**에서 추천하는 기업을 대상으로 하는 **제한적 공개입찰**을 실시함
- 제한적 공개입찰에서의 입찰 참가 조건은 **실내건축공사업 면허를 갖고 있는 업체, 서울 및 경기도에 소재한 업체, 그리고 최근 5년간 정부기관 또는 공공기관에 어린이활동공간 개선관련 시공실적이 있는 업체**로 한정 했으며 **최저가낙찰제**로 선정함 ➡ 리모델링 업체 선정의 구체적인 과정은 **부록 4** 참조

[리모델링 업체 선정 과정]

일정	내용	진행상황
9월 27일 ~ 10월 1일	리모델링 물량 조사	
10월 14일	리모델링 업체 선정을 위한 사업 설명회	4개 업체 참여
10/15일 ~ 10월 20일	지원 서류 접수	
10월 21일	최종선정	노동환경건강연구소와 금융산업공익재단 입회하에 제출 서류 및 견적 검토 후 최종 업체 선정

친환경 제품 교체

- 리모델링 대상이 되었던 6개 어린이집 및 지역아동센터를 제외한 13개 어린이집 및 지역아동센터의 경우 유해성분 함유가 확인된 일부 장난감 및 가구를 **원목 자재의 제품들로 교체**함
- ➡ 제품 교체 내역은 아래 표 참조 / **구체 추가 지원 내역**은 **부록 5** 참조

[사업참여 기관별 친환경 제품 교체 내역]

기관	구분	제품	사이즈	수량
목2동 어린이집	교구	EQB 메가세트 다이노월드 원목블록	PVC 대체 교구 11종	3세트
		지아지조 프리미엄 편백나무 큐브칩		5세트
		EQB 원목블록베가 36pcs		3세트
		스퀴즈 블록모형 장난감 150p		2세트
		동물6면 블록 원목퍼즐		2세트
		실리콘 블록놀이 48p		2세트
		동물가족세트		5세트
		숫자놀이		2세트
		NEW공구자동차		5세트
		블록 실패기		3세트
		어깨동무 도미노		5세트
은하수 어린이집	교구	즐거운 소꿉놀이세트_야채*요리 주방놀이_소꿉놀이세트 자석블럭_글자놀이세트	숲소리 교구	각 4개씩
감골어린이집	가구	의자	영유아용	25개
단원어린이집	가구	책걸상 세트	영유아용	[4*10]*1세트
예다음 어린이집	교구	매트	1000*1000*14 42개 1000*1000*25 12개	54개
			1850*1400 2개 2500*1400 2개	4개
우리함께다문화 지역아동센터	가구	좌식 책상	1200*800*350	8개

기관	구분	제품	사이즈	수량
경향 지역아동센터	가구	책장 [5단2연서가]	800*300*1800	2개
	가구	책장 [3단2연서가]	800*300*1200	5개
구로 푸른학교 지역아동센터	교구	안전놀이매트	1400*2000*두께45	5개
	가구	책장	800*300*1400	1개
	가구	4단2칸 책장	800*500*1500	1개
우리모여 지역아동센터	가구	상하장 세트	800*400*2000	2개
	교구	요가매트	90*180	2개
생명강 지역아동센터	가구	5단책장	1200*1800*300	2개
	가구	1열3단 사물함	1200*800*350	4개
청운 지역아동센터	가구	소파	85*41*47	4개
	가구	3단책장(높이조절)	950*1200*250	1개
	가구	책장	750*1400*300	1개
갈현 지역아동센터	가구	3X3 개폐식 사물함 _ 도면 참조	1080*1200*430	3개
솔나무 지역아동센터	가구	테이블	1200*600*720	4개

3. 리모델링 후 사업 결과

친환경 제품 추가 지원

- 기계획된 10개 리모델링 공사에서 6개 공사로 규모가 축소됨으로써 절감된 비용을 친환경 제품으로 추가 지원하게 됨
- 어린이집과 지역아동센터 운영자들과의 협의를 통해 교체 및 지원이 절실한 품목을 선정하고 유해물질 노출 우려가 없는 원목 소재의 친환경 제품으로 전격 교체 및 지원함
➡ 지원 목록은 아래 표 참조 / 구체 추가 지원 내역은 **부록 5** 참조

[친환경 제품 추가 지원 내역]

기관	제품	사이즈	수량
목2동 어린이집	유니트블럭		3개
	오리고플레이텐트		6개
	엔도르프 원목 소꿉놀이 세트 자석 과일 자르기 16종		2개
	하페 원목 화장품 가방, 혼합색상		2개
	주방_소꿉놀이세트		6개
	르파파 자동차마을		1개
	르파파 동화 속 마을		1개
	르파파 공룡마을		1개
	르파파 어느 작은 마을		1개
	르파파 뽀띠 숲속궁전		1개
	2인 소파		1개

기관	제품	사이즈	수량
은하수 어린이집	책상	좌식_반원형 2개, 사각 2개	4개
	의자	유아용	22개
	서랍형 수납장	1100*400*1000	1개
	수납장	1100*300*900	2개
	교구장		2개
감골 어린이집	책상	좌식 원형(가로1000, 세로500)	6개
	책상	좌식 사각(가로1000, 세로500)	3개
	책상	입식 원형(가로1000, 세로500)	4개
	교구장	1100*800*300	2개
단원 어린이집	책걸상 세트	반원 책상 2개, 사각 책상 2개 의자24개	28개
	유니트블럭+장		1세트
에디움어린이집	책장세트		2개
	우드베어 영아용 2단교구장(막힘형)		2개
	주방놀이 소꿉놀이세트v2		2개
선부 어린이집	책걸상 세트	반원 책상 2개, 사각 책상 2개 의자10개	2세트
	유니트블럭+장		1세트
수암 어린이집	책걸상 세트	반원 책상 2개, 사각 책상 2개 의자10개	2세트
아기별 어린이집	책상	좌식 사각	4개
	유니트블럭+장		1세트
웃는아이 어린이집	책걸상 세트	반원 책상 2개, 사각 책상 2개 의자10개	2세트
이동 어린이집	책걸상 세트	반원 책상 2개, 사각 책상 2개 의자10개	2세트
	유니트블럭+장		1세트
우리함께 다문화 지역아동센터	책장	1900*300*1200	1개
	책장	1000*300*1200	1개
	책장	1500*300*1500	1개
	책장	2500*300*1400	1개
	유니트블럭+장		1세트

기관	제품	사이즈	수량
경향 지역아동센터	책상(분리형)	2400*1200*670(10인용)	1개
	책장	800*300*1400	3개
	의자	380*390*570	10개
	다용도정리장	1040*400*950	1개
	원목신발장 40인용	1400*300*1000	1개
	유니트블럭+장		1세트
구로 푸른학교지역 아동센터	이동형 파일서랍장	400*600*600	1개
	사물함 12인용	1040*400*950	1개
	서랍장 12인용	1100*420*950	1개
	15인용 바구니장	1040*400*950	1개
	다용도 서랍장	380*400*750	1개
	교구장	1150*400*800	2개
	유니트블럭+장		1세트
우리모여 지역아동센터	벤치	1800*600*440(3인용)	1개
생명강 지역아동센터	책상세트	2400*1200*320	4세트
	유니트블럭+장		1세트
청운 지역아동센터	레고놀이책상(접이식)	1240*620*310	2개
	책꽂이(이동식)	1000*300*950	1개
	접이식 의자	10-DSP50251 610*580*845	14개
	책상	750*450*720	3개
	유니트블럭+장		1세트
갈현 지역아동센터	좌식 책상 세트(접이식)	2000*1000*300	4세트
	유니트블럭+장		1세트
솔나무 지역아동센터	개폐식 사물함 [2단5칸]	2005*1000*400 [1칸 410*500]	2개
	테이블	1000*600*720	1개
	아동의자_ 등받이		10개
은광 지역아동센터	다용도 수납장	1100*400*610	1개
	책상(분리형)	2400*1200*720	2세트
	테이블 의자 세트	600*350*220(테이블) 430*370*450(1인용의자) 830*370*450(3인용의자)	1개
	빈백	[퍼니존] 디자인빈백 연초록 (FZ-1111-LG)	2개
	유니트블럭+장		1세트

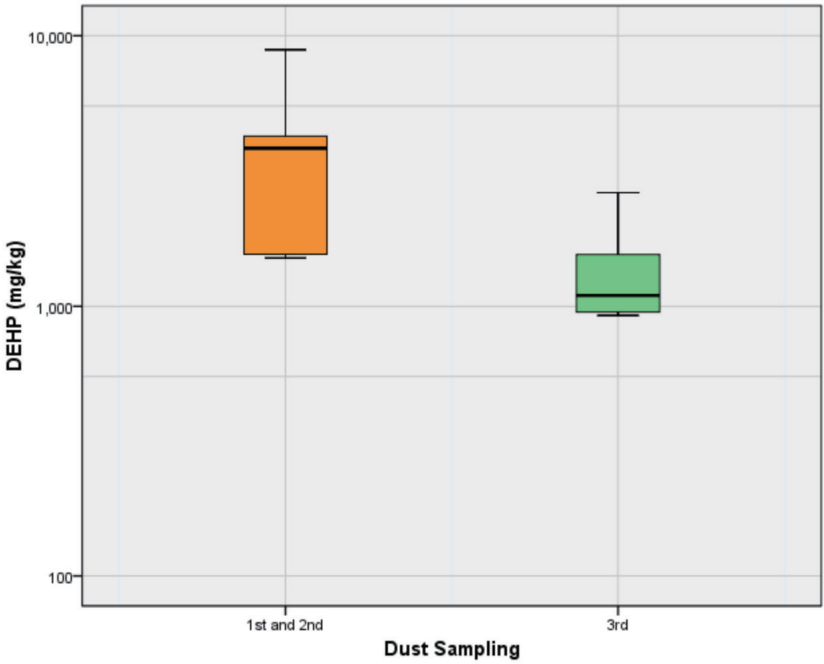
리모델링 공사

- 12월 26일까지 6개소에 대한 리모델링 완료
➔ ‘리모델링 진행 및 결과친환경 리모델링 효과평가 보고서’ **부록 6** 참조
- 2022년 1월 5일 ~ 1월 10일까지 6개 리모델링 대상 시설의 리모델링이 완료되어 해당 공사가 사업 취지에 맞게 리모델링 되었는지 점검하기 위한 감리를 수행함
- 감리 결과, 바닥재 교체에 사용된 바닥재는 PVC를 수지원료로 사용하지 않으며, 프탈레이트는 물론 석유계 합성가소제를 사용하지 않아 환경호르몬으로부터 안심할 수 있는 자재로 볼 수 있음
- 감리 결과, 사용된 바닥재로 시공한 시설은 ‘어린이 활동공간 환경안심 인증’ 기준항목인 ‘합성고무 재질 바닥재의 표면재료’의 폼알데하이드 방출량 기준 및 프탈레이트 기준을 충족할 수 있음
- 감리 결과, 문 및 문틀 교체에 사용된 자재는 EL246(실내용 바닥 장식재)로 ‘환경표지’ 인증을 받은 친환경 자재이며, 사용된 자재로 시공한 어린이활동공간은 도료나 마감재료에 기인한 환경호르몬의 위험을 줄일 수 있으며, ‘어린이 활동공간 환경안심 인증’ 기준항목인 ‘사용되는 도료 또는 마감재료’의 프탈레이트류 기준 등도 충족할 수 있음
- 감리결과 보고서는 **부록 7** 참조

먼지 내 환경호르몬 조사 결과

- 리모델링이 진행된 5개 어린이집과 1개 지역아동센터를 대상으로 리모델링 전에 1차와 2차에 걸쳐 먼지를 채취함. 리모델링이 진행된 후에 마지막 3차 먼지를 채취해서 먼지 내 프탈레이트 농도를 분석함. 1개 어린이 집(수암)의 경우, 바닥 시공 면적이 적어 전후 농도 비교에서는 제외함
- 분석 결과, 리모델링 후인 3차에서 채취된 먼지 내 프탈레이트 농도는 리모델링 전인 1차 및 2차에서 채취된 먼지 내 프탈레이트 농도에 비해 현저히 낮아짐
- 1차 및 2차에 걸쳐 채취된 먼지 내 DEHP의 평균농도(중위값)는 3,840 mg/kg이었지만 3차에 채취된 먼지 내 DEHP의 평균농도(중위값)는 1,096 mg/kg이었음
- 리모델링 전후의 먼지 내 DEHP 농도는 통계적으로 유의한 차이였음. 친환경 건축자재를 사용한 리모델링을 통해 먼지 내 DEHP 함량이 71.5% 수준까지 감소된 것을 확인할 수 있었음

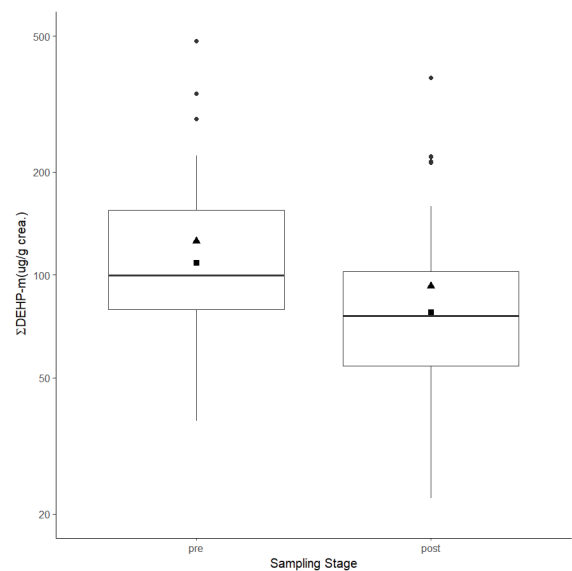
[먼지 채취 시기별 먼지 내 DEHP 농도의 변화]



보육 공간 내 어린이들의 소변 조사 결과

- 리모델링이 진행된 5개 어린이집과 1개 지역아동센터를 다니는 영유아 및 어린이들을 대상으로 리모델링 전과 후에 각각 소변을 채취함. 1개 어린이집(수암)의 경우, 바닥 시공 면적이 적어 어린이들의 소변 내 환경호르몬 농도 비교에서는 제외함
- 분석 결과, 리모델링 후에 채취된 52명 어린이들의 소변 내 프탈레이트 대사산물의 농도는 리모델링 전에 채취된 소변 내 프탈레이트 대사산물의 농도에 비해 유의하게 낮아짐
- 리모델링 전에 채취된 영유아 및 어린이들의 소변 내 DEHP 대사산물의 평균농도(대사산물의 총합 기준, 기하평균)는 109.0 $\mu\text{g/g creat.}$ 이었지만 리모델링 후에 채취된 소변 내 DEHP 대사산물의 평균농도(대사산물의 총합 기준, 기하평균)는 72.1 $\mu\text{g/g creat.}$ 이였음. 즉, 소변 내 프탈레이트 대사산물의 농도만을 비교하면 33.9%의 저감 효과가 있었음
- DEHP와 같은 프탈레이트는 음식과 같은 주요 노출원이 있음. 설문조사를 병행하여 음식과 같은 주요 노출원을 보정했음에도 불구하고 리모델링에 의한 프탈레이트 노출 농도의 저감은 대사산물의 종류에 따라 20.1% ~ 34.9% 수준으로 줄어들었다고 추정할 수 있었음(MBzP 16.8 % 저감 제외). 즉, 약 30% 수준의 저감효과가 있었음

[리모델링 전후의 소변 내 Σ (DEHP metabolites) 농도 분포]



본 사업 결과 및 성과의 언론 보도

- 2022년. 1월 13일자 한겨레신문의 [서울&] 기고란에 본 사업의 결과와 성과가 소개됨
- 기사 링크 | <https://n.news.naver.com/article/028/0002575428>



사업 완료 현판식

- 2022년 2월 14일, 15일, 21일, 그리고 23일에 걸쳐 19개소에 대한 사업 완료 현판식을 아래 그림과 같이 진행함
- 현판식 실적은 **부록 8** 참조

[사업 완료 현판식]



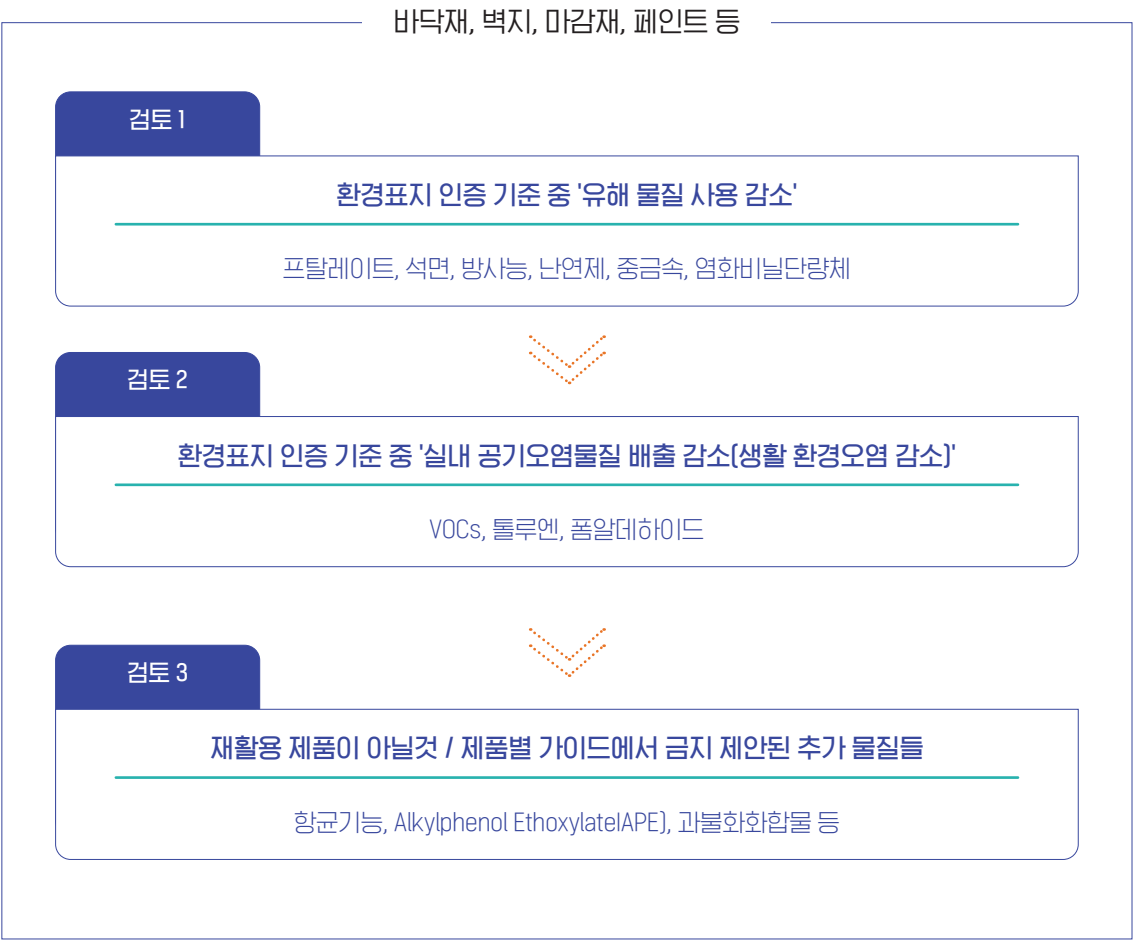
친환경 어린이집 조성을 위한 매뉴얼

- United Nations Children’s Fund (UNICEF)에서는 어린이들의 건강을 위협하는 물질들로서, 납, 수은, 카드뮴, 비소, 맹독 농약, 벤젠, 다이옥신, 소비자제품에서의 유해물질(PFAS 혹은 난연제, 프탈레이트, 비스페놀류 등), 불소화합물 등을 주목함
- 국내외의 우수한 기관들(National Center for HEALTHY HOUSING, NCHH; International Living Future Institute, ILFI; Leadership in Energy and Environmental Design, LEED; 국토교통과학기술진흥원, KAIA)에서 친환경 건축을 위해 건축자재에서 사용해서는 안되는 물질들을 제시하고 있는데 이를 종합해 매뉴얼에 반영함
- 또한 건강한 건축물을 만들기 위해 Healthy Building Network(HBN)에서 제시하는 건축자재별 가이드와 HBN 이 별도로 제작한 HomeFree의 제품별 가이드를 참조해 매뉴얼에 반영함
- 환경부에 운영하는 친환경 인증제도에도 위와 같은 유해물질이 사용되지 않도록 하는 기준을 제시하고 있으며 이를 준수하는 제품들을 소개하고 있으므로 친환경 환경표지 인증을 획득한 제품을 사용함으로써 유해물질 노출을 줄일 수 있는 효과를 기대할 수 있음. 이를 위해 다음의 기준에 따라 환경호르몬이 없는 건축 자재를 선정하도록 함

- ① 환경산업기술원에서 친환경 인증을 받은 건축자재 리스트를 참고
[환경산업기술원이 제공하는 친환경 건설자재 정보의 목록 참고; <http://gmc.greenproduct.go.kr>]
- ② 친환경인증 항목 검토(인증 사유)
- ③ 인증에 제출된 시험성적서 검토
- ④ 친환경인증 기준 이외의 금지 권고 물질 검토
- ⑤ 추가 금지 권고 물질들에 대한 시험성적서 검토(가능할 경우)
- ⑥ 현장 적용 및 가격 검토

- 자재별로 환경호르몬으로부터 안전한 건축자재를 선정하기 위한 세부적인 절차는 아래 그림과 같음.
우선, 친환경인증 항목 중에서 유해물질 사용 감소 항목을 검토 후 실내 공기오염물질 배출 감소 항목을 검토.
국내 친환경인증 기준에 포함되어 있지 않지만 국내외 전문 기관들에서 제안하고 있는 금지 대상 물질들이 함유되어 있는지 추가적으로 검토. 추가적으로 검토하는 물질의 함유여부는 해당 물질에 대한 시험성적서 등을 참고.

[환경호르몬 없는 건축자재 검토과정]



- 친환경 어린이집 조성을 위한 매뉴얼은 부록 9 참조

4. 환경호르몬 없는 아동 친화공간 만들기 사업의 성과



- 친환경 바닥재 등을 전격적으로 교체한 리모델링을 통해 영유아 및 어린이들의 건강을 위협할 수 있는 프탈레이트와 같은 환경호르몬의 노출을 유의하게 줄일 수 있음을 확인 한 것이 본 사업의 가장 중요한 성과라고 할 수 있음
- 2022년부터 강화된 환경보건법 시행령*이 적용됨. 어린이 활동공간에 사용되는 바닥 장판재의 경우 7종의 프탈레이트 함량이 0.1%를 넘어서는 안되고 페인트의 납은 90 ppm을 초과해서는 안됨. 본 사업의 내용은 강화된 환경보건법의 시행령 기준을 충족함. 특히, 기존 시설물의 경우 강화된 시행령이 2026년부터 적용됨에도 불구하고 선제적으로 환경개선을 실행함
- 본 사업은 강화된 환경보건법이 시행되기 전에 기존 어린이 보육시설에서 자발적으로 활동공간을 개선한 성공적인 사례를 만들었음. 환경보건법의 강화된 관리방안이 어떤 개선 효과를 줄 수 있을지를 과학적으로 검증한 선례이면서 어린이 활동공간의 환경개선 필요성을 입증한 모범사례를 만들었음

* 2021년에 환경보건법 시행령이 개정되어 '어린이 활동공간에 대한 환경안전관리기준'이 강화됨. 이에 따라 현재 규제 중인 프탈레이트는 기존 6종에 DEHP가 추가되어 총 7종이 되고 실내 활동공간에 사용되는 합성수지 재질의 바닥재에 들어 있는 7종의 프탈레이트 총함량은 0.1%를 넘어서는 안됨. 추가적으로 어린이들의 실내외 활동공간에 사용되는 도료나 마감재료에서 납의 함량 기준도 90ppm으로 강화됨. 강화된 환경보건법 시행령은 신규 건축물의 경우 2022년 4월부터 적용되고 기존 건축물의 경우 2026년부터 적용됨.

[부록 1]

환경호르몬 없는 아동 친화공간 만들기 사업 현장 조사 보고서

1. 사업 배경 및 목적	28
---------------	----

2. 조사 대상 및 방법	
1) 조사 대상	30
2) 조사 방법	32

3. 조사 결과	
1) 조사 실적	36
2) PVC 여부 조사 결과	36
3) 유해성 구분에 의한 대체 우선순위	45

4. 결론 및 제언	
1) 결과 요약	50
2) 결론 및 제언	50

날짜 : 2022. 02. 28

지원 :  금융산업공익재단
Financial Industry Public Interest Foundation

수행기관 :  노동환경건강연구소
for Occupational & Environmental Health

표 차례	
<표 1> 사업 신청 기관 현황	31
<표 2> XRF analyzer를 이용한 평가 대상 항목들	33
<표 3> 대상물질의 함유 농도에 따른 유해성 구분 기준	34
<표 4> 대체 우선순위 선정을 위한 Index 계산	35
<표 5> 어린이집 및 지역아동센터 현장 조사 실적	37
<표 6> 제품/설비별 PVC 재질의 확인 비율	38
<표 7> 가구별 PVC 재질의 확인 비율	39
<표 8> 건축자별 PVC 재질의 확인 비율	42
<표 9> 어린이제품별 PVC 재질의 확인 비율	43

그림 차례	
[그림 1] XRF를 이용해서 가구와 매트 등을 조사하는 모습	34
[그림 2] 조사 대상의 PVC 재질 여부의 비율	37
[그림 3] PVC 재질로 확인된 바닥재와 교구수납장	38
[그림 4] PVC 재질로 확인된 어린이용 소파	40
[그림 5] PVC 재질로 확인된 매트 일부	40
[그림 6] PVC 재질로 확인된 기저귀 교환 매트	41
[그림 7] PVC 재질로 확인된 모서리 보호대	42
[그림 8] PVC 재질로 확인된 동물 모형들	44
[그림 9] 조사 카테고리별 Index의 분포	45
[그림 10] 건축자재별 Index의 분포	46
[그림 11] 브롬 10 % 이상 검출이 확인된 블라인드(납 약 0.3% 함유)	47
[그림 12] PVC 재질 및 중금속 함유(납, 490 ppm; 카드뮴, 320 ppm)가 확인된 바닥재	47
[그림 13] 가구별 Index의 분포	48
[그림 14] PVC 재질이 확인된 수납장	49
[그림 15] 어린이제품별 Index의 분포	49
[그림 16] 상대적으로 안전한 플라스틱 구분	51
[그림 17] KC 마크와 환경인증마크	52

1. 사업 배경 및 목적

우리는 여러 가지 화학 물질들로 만들어진 다양한 제품들을 사용하고 있다. 생활환경 내에서까지 화학물질이 대량으로 유통되고 사용되면서 이전 세대와는 규모가 다른 건강영향이 나타나고 있다. 특히, 최근 사회문제가 되고 있는 환경호르몬의 이슈는 이런 측면에서 더욱 큰 관심의 대상이 되고 있다.

미국 환경보호청(Environmental Protection Agency; EPA)에서는 환경호르몬을 항상성(homeostasis)의 유지와 발달과정의 조절을 담당하는 체내의 자연 호르몬의 생산, 방출, 이동, 대사, 결합, 작용, 혹은 배설을 간섭하는 체 외 물질이라고 정의하고 있다. 즉, 우리 몸이 원래 갖고 있던 호르몬의 기능을 방해하는 물질이라고 할 수 있다. 주로 음식물을 섭취하거나 다양한 생활화학용품을 사용하는 과정에서 노출이 가능하다.

내부 호르몬의 기능이 방해받아서 나타날 수 있는 건강영향은 다양한데, 예를 들면, 가장 대표적인 것이 생식기의 이상과 생식기능의 장애이다. 이 외에도 생식기에 질병이 나타날 수 있는데 유방암, 난소암, 혹은 전립선 암 같은 종대 질병이 환경호르몬 노출과 관계가 있다고 평가되고 있다. 최근에는 면역계 질환, 뇌기능의 이상, 비만, 당뇨, 그리고 아토피 질환과 관련이 있다는 연구결과들이 많이 보고되고 있다.

어린이는 환경호르몬 노출과 그로 인한 건강영향의 피해를 가장 광범위하게 받을 수 있는 대표적인 민감군이라고 할 수 있다. 성장 발달단계에 있기 때문이기도 하고 생활 속 환경호르몬 노출원과 가깝게 생활하고 있기 때문이기도 하다.¹⁾

1) 환경부 소속 국립환경과학원에서 2015년부터 2018년까지 납, 수은 등 환경유해물질의 노출 수준을 확인하기 위해 실시한 '제3기 국민환경보건 기초조사' 결과에 따르면, 플라스틱 가소제 성분인 프탈레이트(DEHP)의 소변 중 농도가 어릴수록 더 높게 나타났다. 영유아가 L당 60.7 μ g(마이크로그램)으로 가장 높았고, 초등학생 48.7 μ g/L, 중고생 23.4 μ g/L, 성인 23.7 μ g/L 순이었음

내분비계장애물질로 알려진 비스페놀A 역시 영유아가 2.41 μ g/L로 성인(1.18 μ g/L)보다 두 배 이상 높았다. 영유아 중 상위 5%의 농도는 10.6 μ g/L나 됐다. 초등학생은 평균 1.70 μ g/L, 중고생은 1.39 μ g/L로 조사되었음

두 성분 모두 건강영향 권고 값보다는 낮은 수준이었지만, 영유아가 환경호르몬에 가장 취약하다는 게 이번 조사를 통해 밝혀진 셈임. 특히, 환경호르몬 물질은 가라앉으면서 집안 먼지 속에 섞일 수 있기 때문에 장난감을 빨거나 바닥에서 노는 영유아들이 더 많이 노출될 수 밖에 없음

[출처: 중앙일보] 플라스틱 물고 빼는 아이들...몸속 환경호르몬 성인의 2배(2018.12.26.)

우리 어린이들은 가정과 어린이집과 학교에서 환경호르몬에 과도하게 노출되고 있다. 어린이집은 아이들이 하루 일과의 절반을 보내는 중요한 보육공간이다. '환경호르몬 없는 어린이집 만들기 사업'은 어린이집을 대상으로 더 안전한 어린이 생활공간이 가능하다는 것을 보여주는 것에 사업의 목적이 있다.

이를 위하여 어린이집의 환경에서 환경호르몬 노출 소스를 찾아내고 어린이 체내 환경호르몬 노출에 대한 조사를 수행할 것이다. 이 조사 결과를 바탕으로 유해한 건축재료(바닥재나 벽지 등) 및 유해한 제품(어린이소파와 장난감 등)을 교체한 후, 환경과 어린이 몸속에서 환경호르몬의 농도가 실제로 낮아지는 것을 보여줄 것이다.

본 사업의 목적을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 대표적인 어린이 보육환경에서 환경호르몬 소스를 찾아내 제거한다.

둘째, 보육환경을 개선함으로써 어린이들의 환경호르몬 노출을 줄일 수 있다는 것을 확인한다.

셋째, 환경호르몬으로부터 안전한 보육환경 조성의 성공사례를 만들고 이를 사회에 알린다.

본 현장조사 보고서는 첫 번째 목적인 '어린이 보육환경에서 환경호르몬 소스를 찾아내'는 것에 있다. 환경호르몬과 같은 유해화학물질로부터 어린이들의 건강을 지키기 위해서는 그들이 많은 시간을 보내고 있는 공간에 대한 점검이 필요하기 때문이다. 환경호르몬 노출로부터 안전한 환경이 조성되어야만 실제적인 노출 저감이 이루어질 수 있을 것이기 때문이다.

2. 조사 대상 및 방법

1) 조사 대상

본 사업의 실행계획서에서 설계한 바와 같이, 본 사업의 대상은 공공성을 지향하는 어린이집 및 지역아동센터의 운영원칙을 갖고 있는 곳 중에서 환경개선에 대한 도움이 필요한 곳과 환경문제에 관심을 갖고 적극적으로 사업에 참여할 수 있는 의지를 갖고 있는 원장이 운영하는 시설이었다.

❶ 다문화 가정의 어린이들이 주로 다니는 어린이집

안산시립어린이집연합회 통해 안산지역의 시립 어린이집을 대상으로 사업 취지를 설명하고(26개 어린이집 참여) 리모델링과 물품 교체 지원 대상 선정에 대한 사업 신청을 접수했다. 최종적으로 10개 어린이집이 본 사업에 지원했다.

❷ 지역아동센터

서울지역 지역아동센터([사]전국지역아동센터협의회 서울특별시협의회 소속)에 소속된 지역아동센터를 대상으로 사업 취지를 설명하고(8개 지역아동센터 참여) 리모델링과 물품 교체 지원 대상 선정에 대한 사업 신청을 접수했다. 최종적으로 9개 어린이집이 본 사업에 지원했다.

본 사업에 참여를 신청하고 현장조사에 참여한 기관은 다음 표와 같았다. 사업이 시작된 시점에 4차 코로나 대유행이 시작되어 예상보다 사업체 참여코자 하는 기관이 적었다.

<표 1> 사업 신청 기관 현황

✚ 리모델링 선정 대상 기관으로 신청한 시설

연번	어린이집	주소
1	시립감골어린이집	안산시 상록구 선진로 69
2	시립단원어린이집	안산시 단원구 화정천동로 254
3	은하수어린이집	서울 양천구 남부순환로33길 37
4	시립선부어린이집 ✚	안산시 단원구 지곡로 48
5	시립수암어린이집 ✚	안산시 상록구 수암길26
6	시립아기별어린이집 ✚	안산시 단원구 신길로 94. 507동
7	시립예다음어린이집	안산시 상록구 건건로 82
8	시립이동어린이집 ✚	안산시 상록구 매화로1길 51
9	목2동어린이집	서울 양천구 목동중앙본로 104-1
10	웃는아이어린이집 ✚	안산시 단원구 외개길 28

연번	지역아동센터	주소
1	갈현지역아동센터	은평구 갈현로 282
2	구로푸른학교지역아동센터	구로구 가마산로 23길 27. 2층
3	생명강지역아동센터 ✚	종량구 동일로123길 21
4	솔나무지역아동센터	동작구 등용로9길 2
5	우리모여지역아동센터	동작구 사당로22나길 69
6	은광지역아동센터 ✚	은평구 녹번로 55 3층
7	경향지역아동센터	서울 강서구 화곡로63길 19 교육관 3층
8	청운지역아동센터	동작구 국사봉1길 145
9	우리함께다문화지역아동센터	안산시 단원구 관산2길 17-1

- 코로나로 인한 어린이집 휴원 명령, 여름 휴가로 인한 휴원, 외부 조사 인원 접근성 제한 등으로 전체 일정 에 차질이 생김
- 안산 지역의 경우, 다문화 가정이 많아 부모님과의 소통 문제로 사업 참여의 어려움을 고민한 경우가 많았음
- 지역아동센터의 경우 자가 소유 건물이 아닌 경우가 많아 사업 참여를 못하는 곳이 많았음
- 아이들의 소변 검사에 대한 어려움이 예상되어 사업 참여를 주저하는 경우가 많았음

2) 조사 방법

(1) 조사방법 개요

노동환경건강연구소에서는 어린이 활동공간에서의 유해물질 위험을 평가하기 위해 개발한 표준화된 조사방법을 적용하여 현장조사를 실시하였다.

구체적 조사 대상을 선정하기 위해 어린이 활동공간에서 주로 사용되는 제품들, 공간 내 건축자재들, 그리고 생활용품 등을 카테고리별로 구분하였다. 또한 각 카테고리별 제품과 재질의 특징을 고려하여 각각의 제품과 재질을 구성하는 성분 중 평가 가능한 유해물질의 종류와 수준을 파악할 수 있도록 개발된 표준 조사 방식을 적용하였다.

(2) 조사방법

가. 조사 대상의 구분

각 현장에서 조사되어야 할 항목을 다음의 세부 기준에 의해 분류하였다. 기존에 개발한 표준 조사 방법에서는 조사 항목을 다음 표와 같이 가구, 가전제품, 건축 및 내장재, 어린이제품(장난감 및 교구, 문방구, 음악/체육 용품 등), 그리고 기타(공공용품 등)의 용품으로 구분하였다. 본 조사에서는 기존 조사에서 어린이 활동공간에서 주로 문제가 되었던 항목들, 즉, 건축자재, 어린이제품, 그리고 가구를 중심으로 조사를 실시하였다.

나. 평가 대상 항목의 조사

각 카테고리별 시설물이나 제품 재질의 PVC의 여부와 중금속의 함유 여부 및 함량을 즉각적으로 확인할 수 있는 Portable XRF(X-ray fluorescent) Analyzer를 이용하여 각 카테고리별 제품과 재질들을 확인하였다. XRF Analyzer는 평가하고자하는 물질 혹은 재료를 구성하고 있는 원소 성분의 정성 및 정량적인 평가가 가능한 장비로써 원소 주기율표의 92번(U)까지의 성분들을 분석할 수 있다.

예를 들어, 신경독성물질인 납과 수은, 발암성물질인 카드뮴 등에 대하여 제품 내에 함유된 양을 직접적

<표 2> XRF analyzer를 이용한 평가 대상 항목들

분류	세분류	항목
가구류	소파	소파
	가구	책상, 의자, 책꽂이, 서랍장, 탁자, 랙커 등
	물딩	물딩(보호대, 손다침 방지, 모서리 보호대 등) / 안전고리
가전제품	가전제품	컴퓨터, 에어컨, 시디 플레이어, 전화기, 프린터 등
공공용품	가방	유치원 가방, 도시락 가방, 실내화 가방 등
	식기류	손가락 통, 도시락 뚜껑, 컵, 물병 등
	실내화	실내화
	기타	기타
건축 및 내장재	문	문, 창문틀 등
	바닥	바닥, 카펫 등 / 바닥타일
	벽	벽지, 커튼, 블라인드 등 / 천장
	바닥매트	실내매트
문방구류	미술용품	클레이, 크레용, 물감 등 / 색연필
	필기구류	펜, 가위, 풀, 보드, 지우개, 자, 필통 등 /사인펜
장난감 및 교구	장난감류	장난감, 장난감 바구니, 기타 특별히 분류되지 않는 장난감류 등
	블럭류	레고 블럭, 기타 블럭, 퍼즐, 숫자 교구, 글자 교구 등
	인형 및 모형류	동물/채소/음식/공룡 기타 등등의 모형, 인형 등
	소꿉놀이류	접시, 싱크대, 칼, 포크, 스푼 등 / 병원놀이류, 조리, 청소 관련
	역할놀이류	신발, 핸드백, 지갑, 작업복(소방관, 의사, 경찰관 등) 등
음악/체육 용품	음악 용품	마라카스, 탬버린, 캐스터넷, 마이크, 실로폰, 피아노 등
	매트 및 쿠션	충격 방지용 매트와 쿠션 등
	체육 용품	공, 시소, 미끄럼틀, 훌라후프, 줄넘기 등

으로 측정할 수 있으며 염소의 함량을 기준으로 평가 대상 제품이 PVC(Poly Vinyl Chloride) 재질임을 짐작할 수 있다. 또한 브롬의 함량을 통해서도 브롬계 난연제 사용가능성을 파악할 수 있다. 본 연구에서 사용한 모델은 Olympus INNOV-X 'Delta', Standard로써 분석대상 원소는 원소번호 12(Mg)~92(U)이다.

XRF Analyzer를 이용하여 평가할 경우 대상 제품에서 염소가 10,000ppm (1 %)이상 함유가 확인된다면 PVC 플라스틱일 가능성이 높다. 게다가 부드러운 플라스틱 재질에서 염소농도가 높을수록 가소제인 프탈레이트 함유가능성이 높다. 가소제로 사용되는 프탈레이트는 대표적인 환경호르몬 중 하나이다.

[그림 1] XRF를 이용해서 가구와 매트 등을 조사하는 모습



다. 유해성의 구분 및 평가

조사 대상 공간에서 각 카테고리별로 우려되는 유해물질의 종류를 파악하고 각 유해물질의 위험수준을 상대적으로 평가한다. 즉, 어린이 제품 혹은 생활제품을 대상으로 적용하는 국내외 관련 기준들을 고려하여 위험의 크기를 구별한다. 즉, 각 카테고리별로 위험 점수를 산출하고 이를 취합하여 카테고리별 위험의 크기를 상대적으로 비교해 관리의 우선순위를 도출한다.

아래 표는 본 조사에서 활용할 기준안을 요약한 것이다. 각 평가 대상 제품에 적용되는 평가 기준에 대한 농도는 우리나라와 미국 및 유럽 등에서 제품에 대해 적용하고 있는 규제 기준을 고려해서 노동환경 건강연구소에서 만들어 사용하고 있는 것이다. 예를 들어, 납과 카드뮴의 경우는 우리나라 산업통상자원부에서 제정한 어린이제품 안전특별법을 함께 고려한 것이다. 어린이제품 안전특별법에서는 만 13세 이하의 어린이가 사용하는 제품들에 대해서 공동안전기준으로써 중금속 및 프탈레이트 등에 대한 기준을 제시하고 있다. 납의 경우는 90 ppm 그리고 카드뮴에 대해서는 75 ppm을 적용하고 있다.

<표 3> 대상물질의 함유 농도에 따른 유해성 구분 기준

금속	안전(Low)	주의(Medium)	위험(High)
납(Pb)	불검출 to 40 ppm	41 to 99	>90 ppm
카드뮴(Cd)	불검출 to 40 ppm	41 to 75 ppm	>75 ppm
염소(Cl)/PVC	<10,000 ppm	>10,000 ppm	-
브롬(Br)	불검출 to 1,000 ppm		>1,000 ppm

유해물질을 관리하기 위해서는 유해하다고 분류된 것들을 없애거나 보다 안전한 것으로 대체해야 한다. 따라서 제거 혹은 대체의 우선순위를 결정하기 위해 아래의 식에 의해 계산되는 지수를 만들었다. PVC 재질인지의 여부와 각 유해중금속에 대한 함유 기준 대비 얼마나 많은 중금속들이 실제로 함유되어 있는지를 계산하여 하나의 지수로 만든 것이다. 이 지수가 높을수록 유해한 정도가 상대적으로 높다고 할 수 있고 이를 기준으로 제거 혹은 대체의 우선순위를 설정할 수 있다. 검사된 제품 혹은 설비의 유해성 구분과 Index를 조합하여 제거 혹은 대체의 우선순위를 설정한다.

다만, 사업대상 선정위원회에서 전문가들은 Index를 적용하는 과학적인 근거가 뚜렷하지 않기 때문에 Index를 신중하게 사용할 것을 권고했다. 즉, 독성이 서로 다르고 독성의 영향 정도 역시 다르기 때문에 하나의 지수 내에 여러 유해물질의 유해성을 산술적으로 더해서 그 크기를 비교하는 것에 신중해야 한다는 권고였다.

물론, 본 사업에서는 아래와 같이 수식을 통해서 산출된 지수가 유해성의 절대적인 수준을 나타낸다고 해석하지 않았다. 원래 계획대로 산출된 지수는 상대적 유해성의 크기를 비교하기 위한 목적으로만 사용했다.

<표 4> 대체 우선순위 선정을 위한 Index 계산

$Index = \frac{PVC}{1} + \frac{Cd\ Conc.}{75\ ppm} + \frac{Pb\ Conc.}{90\ ppm} + \frac{Br\ Conc.}{1000\ ppm}$		
$\frac{PVC}{1}$	제품이나 설비의 재질이 PVC 인지 아닌지 여부를 기준으로 계산함 [예; PVC 재질이면 계산식에 1이 반영되고 PVC 재질이 아니면 0이 반영됨]	
$\frac{Cd\ Conc.}{75\ ppm}, \frac{Pb\ Conc.}{90\ ppm}, \frac{Br\ Conc.}{1000\ ppm}$	각 유해 중금속에 대해서 검출된 양을 계산식의 분자에 반영하게 됨. 분모는 각 중금속에 대한 함량 기준 Conc.: Concentration, 제품 내에서 확인된 중금속의 함유 농도(ppm)	

※ 납과 카드뮴의 기준은 새로 개정된 환경보건법 시행령 별표 2. 어린이활동공간에 대한 환경안전관리기준을 적용함

※ 브롬의 기준은 유럽연합의 RoHS Directive[유해물질 제한지침, Restriction on Hazardous Substances Directive]²⁾를 참조. 지침 내에서 Polybrominated biphenyls (PBB)와 Polybrominated diphenyl ethers (PBDE) 같은 브롬계 난연제에 대해서 0.1 %의 함량 기준을 적용하고 있음. 본 조사에서는 브롬을 기준으로 1,000 ppm(0.1 %) 기준을 적용함.

2) European Union Restriction of Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment (RoHS). https://ec.europa.eu/environment/topics/waste-and-recycling/rohs-directive_en (accessed 20 Oct. 2021).

3. 조사 결과

1) 조사 실적

조사에 참여한 19개소의 어린이집 및 지역아동센터를 방문하여 가구, 건축재, 그리고 어린이제품에 대해서 아래와 같은 제품 및 설비들을 조사하였다. XRF를 이용한 조사는 총 3,814회 이루어졌다. 제품 부위를 하나의 제품으로 합칠 경우, 2,767개의 제품 혹은 설비에 대한 조사가 이루어졌다.

가장 많이 이루어진 대상은 어린이제품들로서 1,265개의 제품에 대한 조사가 이루어졌다. 즉, 장난감이나 문방구 그리고 체육 및 음악 활동에 사용되는 제품들이 조사 대상이 되었다. 그 다음으로 책상이나 책상, 매트, 그리고 의자와 같은 가구류가 많이 조사되었고 862개의 제품에 대한 조사가 이루어졌다. 마지막으로 바닥, 천장, 블라인드, 그리고 물당 등이 포함되는 건축자재가 그 뒤를 이었으며 총 640개 설비 혹은 자재에 대한 조사가 이루어졌다.

2) PVC 여부 조사 결과

(1) PVC 재질 여부

조사 대상 제품 및 자재 등을 XRF를 이용하여 조사한 결과 PVC 재질로 확인된 것은 37.4 % 였다. 이 때 제품 및 자재의 PVC 재질 여부는 제품의 어느 한 부위라도 PVC로 확인되면 그 제품을 PVC 재질의 제품으로 분류한 것을 집계한 것이다. 예를 들어, 의자의 경우 의자의 다리는 PVC재질로 만들어졌지만 의자의 앉는 면은 PVC 재질이 아니어도 조사된 의자 제품은 PVC 재질을 함유한 것으로 분류하였다. 서울시에서 조사된 결과[일과건강;노동환경건강연구소, 2017]³⁾에서는 5개의 어린이집에서 8,307개 제품 및 설비를 체크한 결과 PVC 재질이라고 분류될 수 있는 것들이 약 35 %를 차지하고 있었다. 본 사업의 조사 결과가 5년 전에 조사된 결과와 거의 비슷한 수준임을 알 수 있었다.

3) 일과건강; 노동환경건강연구소, 유해화학물질로부터 안전한 어린이집 만들기. 2017.

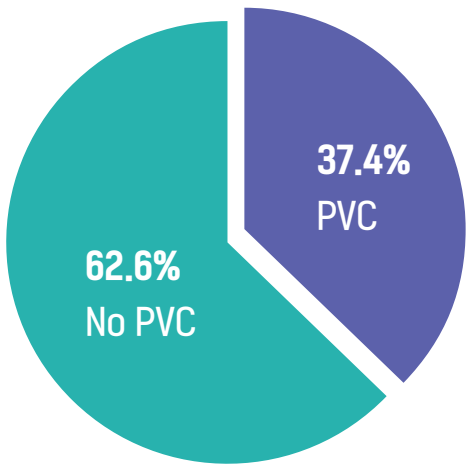
<표 5> 어린이집 및 지역아동센터 현장 조사 실적

기관ID	측정대상 분류			전체	측정 포인트수
	가구류	건축재	어린이제품		
A-Center	28	31	11	70	97
B-Center	26	22	8	56	105
C-Center	28	21	7	56	73
A-NS	50	28	93	171	266
D-Center	42	24	11	77	144
E-Center	19	14	14	47	55
B-NS	60	41	149	250	410
C-NS	105	66	210	381	524
C-NS	69	52	176	297	369
D-NS	81	36	122	239	367
E-NS	13	15	34	62	111
F-NS	63	43	123	229	292
G-NS	29	34	68	131	131
F-Center	15	14	3	32	35
G-Center	15	14	8	37	54
H-NS	76	57	130	263	324
H-Center	39	51	9	99	112
I-Center	68	36	35	139	150
I-NS	36	41	54	131	195
합계	862	640	1,265	2,767	3,814

* NS Nursery School, 어린이집

* Center: 지역아동센터

[그림 2] 조사 대상의 PVC 재질 여부의 비율



[2] 제품/설비별 PVC 재질의 확인 비율

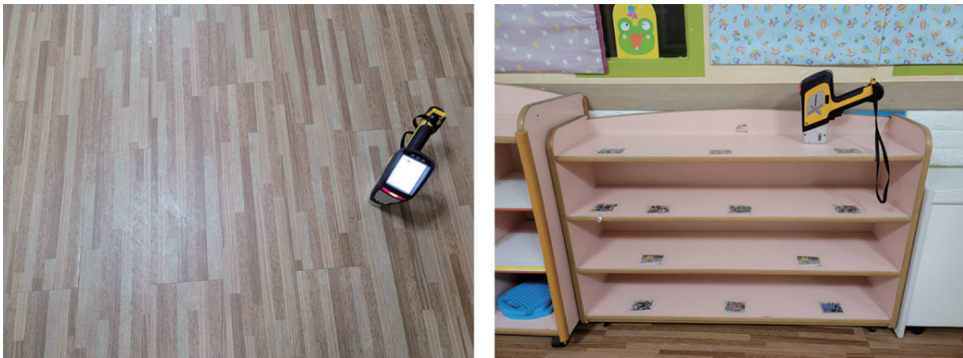
제품 혹은 설비별로 PVC 재질이 확인된 비율은 아래 표와 같았다. PVC 재질로 확인된 비율이 가장 높았던 그룹은 건축자재 항목이었다. 그 다음으로 확인 비율이 높았던 것은 가구류 제품들이었다.

<표 6> 제품/설비별 PVC 재질의 확인 비율

카테고리	빈도	PVC 여부		전체
		No PVC	PVC	
가구류	빈도	498	364	862
	%	57.8%	42.2%	100.0%
건축재	빈도	289	351	640
	%	45.2%	54.8%	100.0%
어린이제품	빈도	944	321	1265
	%	74.6%	25.4%	100.0%
전체	빈도	1731	1036	2,767
	%	62.6%	37.4%	100.0%

아래 그림은 PVC 재질로 확인된 바닥재와 교구수납장을 보여주고 있다. 바닥재는 건축 자재 중에서 PVC로 확인되는 빈도가 높다. PVC 소재의 바닥재는 실내 먼지의 프탈레이트 오염의 주범으로 확인되고 있어⁴⁾ 차후 리모델링 기회가 있을 경우 안전한 재질로 만들어진 제품으로 변경하는 것이 필요하다.

[그림 3] PVC 재질로 확인된 바닥재와 교구수납장



4) Kim, W.; Choi, I.; Jung, Y.; Lee, J.; Min, S.; Yoon, C., Phthalate levels in nursery schools and related factors. *Environmental science & technology* **2013**, 47 (21), 12459-12468.

[3] 카테고리별 PVC 재질 확인 비율

가. 가구류

아래 표는 가구류 중에서 PVC 재질로 확인된 비율의 분포를 정리한 것이다. PVC 검출율이 가장 높은 것은 소파였고 그 다음으로 매트와 의자의 비율이 높았다. 피아노의 PVC 비율도 높았는데, 피아노 자체라기 보다는 피아노 의자의 상판 부분에서 PVC 재질 확인 비율이 가장 높았다. 앞서 고찰한 바와 같이 전체 PVC 검출율은 42.3 %로써 건축재 다음으로 많은 제품들에서 PVC 재질이 검출되고 있었다.

<표 7> 가구별 PVC 재질의 확인 비율

카테고리	빈도	PVC 여부		전체
		No PVC	PVC	
교구진열장	빈도	78	29	107
	교사장	72.9%	27.1%	100.0%
교사장	빈도	32	21	53
	매트	60.4%	39.6%	100.0%
기타	빈도	33	11	44
	사물함	75.0%	25.0%	100.0%
매트	빈도	22	84	106
	수납장	20.8%	79.2%	100.0%
몰딩	빈도	4	1	5
	의자	80.0%	20.0%	100.0%
사물함	빈도	22	10	32
	책상	68.8%	31.3%	100.0%
소파	빈도	1	6	7
	화이트보드	14.3%	85.7%	100.0%
수납장	빈도	29	21	50
	%	58.0%	42.0%	100.0%
옷장-이불장	빈도	8	13	21
	%	38.1%	61.9%	100.0%
의자	빈도	93	21	114
	%	81.6%	18.4%	100.0%
책꽂이	빈도	50	33	83
	%	60.2%	39.8%	100.0%
책상	빈도	114	103	217
	%	52.5%	47.5%	100.0%
피아노	빈도	2	5	7
	%	28.6%	71.4%	100.0%
화이트보드	빈도	10	6	16
	%	62.5%	37.5%	100.0%
전체	빈도	498	364	862
	%	57.8%	42.3%	100.0%

아래 그림은 조사된 소파 중에서 PVC 재질이 확인된 제품 일부를 보여주고 있다. 해당 제품에서는 PVC 재질 뿐만 아니라 브롬, 납, 카드뮴과 같은 중금속의 함유도 확인되고 있었다. 아이들이 자주 쉬거나 놀이를 하면서 접촉될 수 있는 제품들이므로 안전한 재질로 만들어진 제품으로 교체하거나 폐기하는 것이 좋다.

[그림 4] PVC 재질로 확인된 어린이용 소파



아래 그림은 PVC 재질로 확인된 매트를 보여주고 있다. 매트는 아이들과 일상적으로 접촉되는 제품이므로 다른 어떤 제품보다 안전한 재질의 제품들이 사용되어야 한다. PVC 재질이 아닌 안전한 제품으로의 교체가 절실하다.

[그림 5] PVC 재질로 확인된 매트 일부



심지어 아래 제품처럼 유아들이 사용하는 기저귀 교환 매트에서도 PVC 재질이 확인되고 있었다. 환경호르몬에 나이가 어릴 때 노출될수록 그것으로 인한 건강영향이 나타날 수 있는 위험이 더욱 크다. 따라서 어린 아이들이 활동하는 공간에서는 안전이 확인된 제품을 사용하는 것이 중요하다.

[그림 6] PVC 재질로 확인된 기저귀 교환 매트



나. 건축자재

건축자재는 PVC 재질이 가장 많이 확인된 카테고리이다. 그 중에서도 걸레받이는 가장 많이 PVC재질이 사용되고 있었다. 그 다음으로 몰딩, 바닥재. 그리고 창 등의 건축 자재들에서 PVC 재질이 많이 확인되고 있었다.

<표 8> 건축자별 PVC 재질의 확인 비율

카테고리	빈도	PVC 여부		전체
		No PVC	PVC	
걸레받이	빈도	6	58	64
	교사장	9.4%	90.6%	100.0%
물딩	빈도	6	24	30
	매트	20.0%	80.0%	100.0%
문	빈도	65	93	158
	사물함	41.1%	58.9%	100.0%
바닥재	빈도	26	78	104
	수납장	25.0%	75.0%	100.0%
벽재	빈도	99	28	127
	의자	78.0%	22.0%	100.0%
블라인드	빈도	46	24	70
	책상	65.7%	34.3%	100.0%
창	빈도	14	40	54
	화이트보드	25.9%	74.1%	100.0%
천장	빈도	27	6	33
	%	81.8%	18.2%	100.0%
전체	빈도	289	351	640
	%	45.2%	54.8%	100.0%

아래 그림은 아이들이 다치지 않게 모서리에 설치된 물딩의 모습을 보여주고 있다. 특히, 부드러운 성질을 넣기 위해 프탈레이트와 같은 환경호르몬이 사용되었을 가능성이 있다. 이와 같은 제품들에서 프탈레이트가 먼지 등으로 이전될 수 있는 기회가 발생할 수 있다.

[그림 7] PVC 재질로 확인된 모서리 보호대



다. 어린이제품

어린이 제품에서는 다른 항목들에 비해 PVC 재질로 확인된 제품들이 상대적으로 적은 편이었다. 그 중에서도 PVC재질이 많이 확인된 제품들은 동물모형과 인형 등이었다.

<표 9> 어린이제품별 PVC 재질의 확인 비율

카테고리	빈도	PVC 여부		전체
		No PVC	PVC	
가방	빈도	16	25	41
	교사장	39.0%	61.0%	100.0%
기타	빈도	33	10	43
	매트	76.7%	23.3%	100.0%
기타모형 (자동차, 식기, 공구 등)	빈도	156	71	227
	사물함	68.7%	31.3%	100.0%
동물모형 (공룡, 동물 등)	빈도	17	61	78
	수납장	21.8%	78.2%	100.0%
문방구	빈도	43	20	63
	의자	68.3%	31.7%	100.0%
블록	빈도	299	18	317
	책상	94.3%	5.7%	100.0%
음식모형	빈도	55	49	104
	화이트보드	52.9%	47.1%	100.0%
인형	빈도	10	17	27
	%	37.0%	63.0%	100.0%
장난감	빈도	135	15	150
	%	90.0%	10.0%	100.0%
체육 및 음악 제품	빈도	180	35	215
	%	83.7%	16.3%	100.0%
전체	빈도	944	321	1,265
	%	74.6%	25.4%	100.0%

아래 그림은 많은 어린이집에서 공통적으로 갖추고 있는 동물모형의 일부를 보여주고 있다. 대부분 부드럽게 휘어지는 제품의 특성을 갖고 있어 프탈레이트와 같은 가소제가 사용되었을 가능성이 높아 보인다. 아이들이 손으로 만지고 입에 넣을 수도 있는 제품이어서 프탈레이트가 함유되어 있다면 노출 위험이 높은 제품들이라고 할 수 있다. 따라서 프탈레이트 뿐만 아니라 중금속 등이 함유되지 않은 안전한 제품으로의 대체가 절실하다.

[그림 8] PVC 재질로 확인된 동물 모형들



3) 유해성 구분에 의한 대체 우선순위

앞서 제품의 유해성을 구분하기 위해 조사 대상 제품 혹은 설비가 PVC 재질인지 여부를 확인하였고 유해중금속(카드뮴, 납, 그리고 브롬 등) 함유에 대한 기준을 설정하여 실제 확인된 결과와 비교하였다. 제품별로 PVC 재질이거나 유해중금속의 일부 혹은 전부를 각 중금속의 기준보다 많이 함유하는 경우에 그것을 위험한 제품으로 분류하였다. 이런 분석은 위험하다고 분류될 수 있는 제품이나 설비의 분포를 참고하기 위한 것이었다.

앞서 기술한 바대로 유해성에 대한 Index는 상대적인 위험을 비교하기 위한 참고값이다. 전문가들의 권고대로 Index가 절대적인 유해성을 나타내는 값이 아니라는 점을 다시 한 번 유념하면서 아래의 결과를 참고했다. 다만 상대적으로 표현된 Index를 기준으로 제거 혹은 대체의 우선순위를 설정할 수 있다.

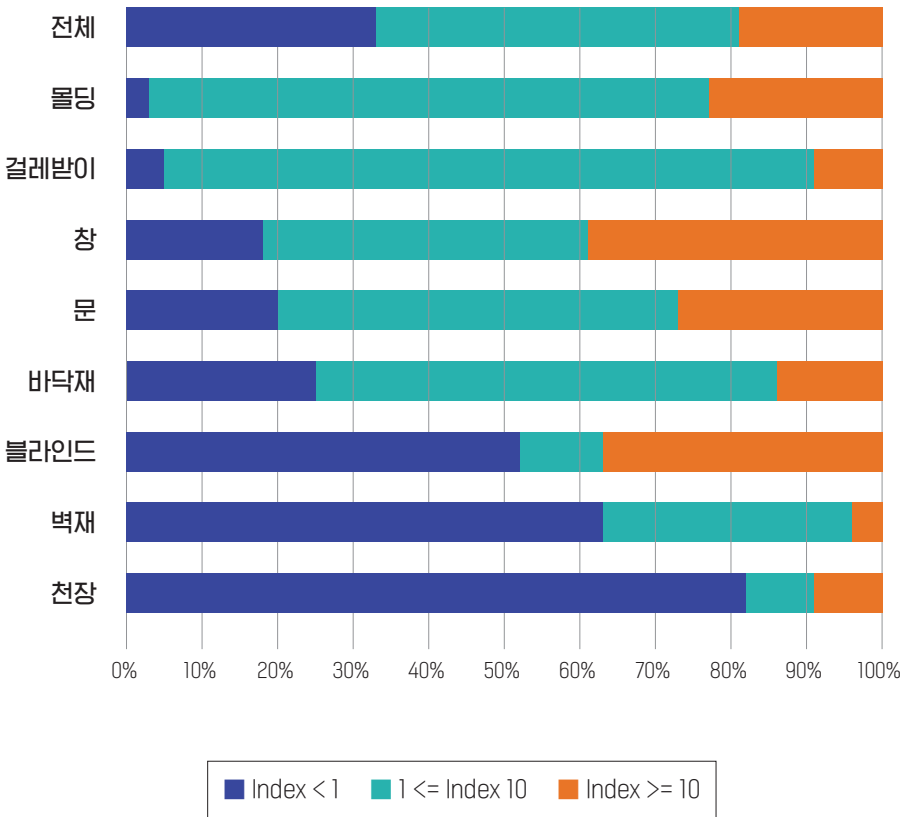
본 조사의 결과에서 얻어진 제품 및 설비의 PVC 재질 여부와 유해 중금속들의 함유량을 기준으로 아래 그림에서와 같은 유해지수 분포를 확인할 수 있었다. 그림에서 알 수 있는 것과 같이 Index가 1보다 큰 조사대상 항목들이 가장 많이 분포하고 있는 것은 건축재들이었다. 즉, PVC 재질이거나 중금속 항목이 어느 한 가지라도 내부 기준을 넘는 제품들이 다른 카테고리에 비해 많다는 것을 알 수 있다. 다음으로 가구류가 많았고 Index 기준으로 어린이제품이 상대적으로 유해한 제품이 가장 적게 분포하는 카테고리였다.

[그림 9] 조사 카테고리별 Index의 분포



아래 그림은 건축자재별 Index의 분포를 보여주고 있다. 건축자재 중에서 Index 값이 높게 분포하고 있는 것으로 몰딩, 걸레받이, 문, 창, 문, 바닥재 등이 있었다.

[그림 10] 건축자재별 Index의 분포



몰딩은 PVC 재질이 아니고 중금속이 함유되지 않은 안전한 제품으로 교체가 필요하다. 걸레받이는 벽의 아래 부분에 처리되는 것으로서 물이 닿아 부패 하는 것 등을 막을 용도로 설비되는 것이다. PVC 재질이거나 다양한 중금속이 함유되어 있는 것을 확인할 수 있었다.

블라인드의 경우 브롬의 함량이 10 % 이상인 경우가 종종 발견되고 있었다. 아래 그림은 브롬의 함량이 10 % 이상이고 납이 약 3,000 ppm 함유되었다고 확인된 블라인드이다. 브롬이 높게 함유된 것은 브롬계 난연제가 처리되었기 때문으로 추정된다. 향후 내부 환경 개선 계획이 있을 때 브롬계 난연제가 아닌 안전한 원료로 불연 처리된 블라인드 혹은 커튼으로 변경할 필요가 있다.

[그림 11] 브롬 10 % 이상 검출이 확인된 블라인드(납 약 0.3% 함유)



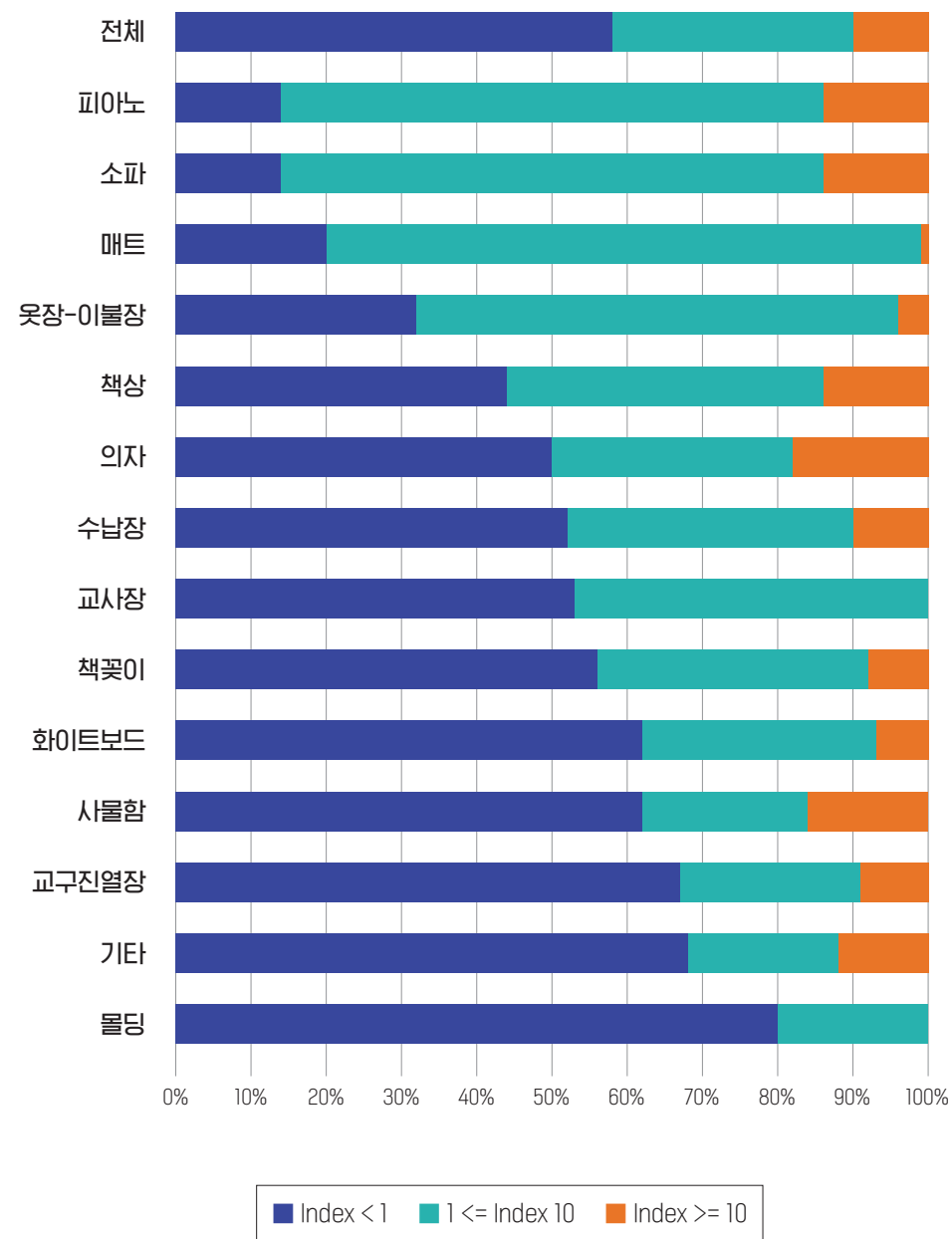
건축재는 당장 교체하기가 어려운 설비이다. 그러므로 리모델링이나 내부 개선의 기회가 있을 때 안전한 재질의 제품들로 교체해야 한다. 특히, 바닥재의 경우 환경호르몬 노출 소스에 기여하는 바가 크기 때문에 리모델링에서도 일순위로 고려되어야 하는 제품군이다.

[그림 12] PVC 재질 및 중금속 함유(납, 490 ppm; 카드뮴, 320 ppm)가 확인된 바닥재



가구류에서는 피아노(피아노 의자)와 소파 등에서 Index값이 높게 분포하고 있었다. 오래된 소파와 의자는 폐기하되 새로운 제품들은 안전하고 믿을 수 있는 제품들로 대체해야 한다. 혹은 섬유 재질로 만들어진 의자나 소파로 대체하는 것을 고려할 수 있다. 각종 가구장들에 사용된 시트지를 역시 PVC 소재이거나 유해 중금속들이 다량 함유된 경우가 많기 때문에 되도록 시트지를 사용하지 않도록 조치하거나 안전이 확인된 시트지로 대체하도록 해야 한다.

[그림 13] 가구별 Index의 분포

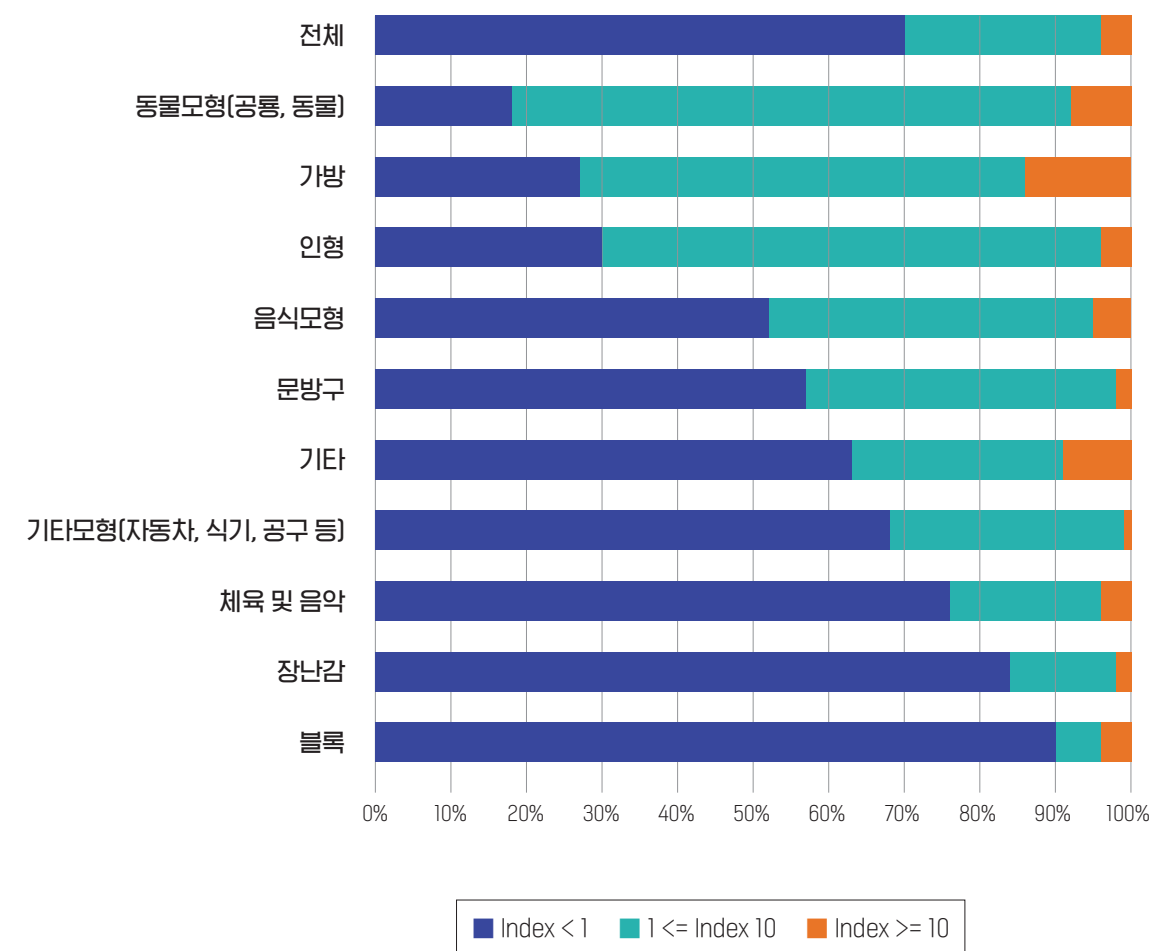


어린이 제품의 경우 Index에 의한 우선순위가 가장 높은 제품이 동물모형, 가방, 인형, 그리고 음식모형과 같은 장난감류들이었다. 그리고 문방구류 들에서도 일부 Index 값이 높은 제품들이 종종 발견되고 있었다. 특히, 비닐 소재의 커버들에서 PVC 재질로 된 제품들이 많았다. 어린이 제품들 중에서 Index가 높은 제품들의 경우, 오래된 것들은 폐기하는 것이 좋고 새로운 제품을 구입할 경우에는 제품의 재질 및 함유된 성분을 꼼꼼히 확인해서 보다 안전한 제품을 구입해야 한다.

[그림 14] PVC 재질이 확인된 수납장



[그림 15] 어린이제품별 Index의 분포



4. 결론 및 제언

1) 결과 요약

- 환경호르몬 없는 아동친화공간 만들기 사업 대상 어린이집 및 지역아동센터 내 어린이들이 체류하는 공간에 플라스틱 및 PVC 재질의 제품이 상당히 많이 사용되고 있다. PVC재질의 제품은 전체 조사대상 중 37.4%를 차지하고 있었으며 특히, 건축자재에서 상대적으로 PVC 재질로 된 것들이 많이 확인되고 있었다. 이들 제품들이 프탈레이트와 같은 환경호르몬의 노출 소스가 될 수 있기 때문에 적극적인 관리가 필요하다.
- 평가된 제품 및 설비들의 PVC 재질 여부와 유해 중금속 함유 정도를 기준으로 상대적 유해성을 비교한 결과 역시 건축자재에서 Index값이 높은 비율을 차지하고 있다는 것을 알 수 있었다. 특히, 물딩이나 걸레받이와 같은 구성품들에서 Index 값이 높게 확인되고 있었고 문과 창, 그리고 바닥재에서도 높은 수준의 Index가 많이 분포하고 있었다. 면적을 고려할 때 바닥재에 함유된 유해물질이 실내 환경에서 주요한 노출 소스가 될 가능성이 높다고 판단되었다.
- 상대적 유해성 지수가 가장 높게 확인된 건축재들은 즉시 교체가 어렵다. 따라서 리모델링 기회가 있을 때 보다 안전한 재질로 개선해 나가는 계획이 필요하다. 가구의 경우, 소파나 의자와 같은 제품류에서 상대적 유해성의 정도가 높았으므로 오래된 것들은 폐기하고 안전한 재질의 제품으로 교체하는 것이 필요하다. 특히, 시트지 등이 사용된 가구들은 되도록 구입을 피하는 것이 좋다. 어린이제품의 경우, 각종 모형의 장난감들에서 PVC 재질 혹은 유해 중금속들이 검출되고 있었다. 이런 유형의 장난감들은 안전한 재질의 것으로 교체하거나 폐기하는 것이 필요하다.

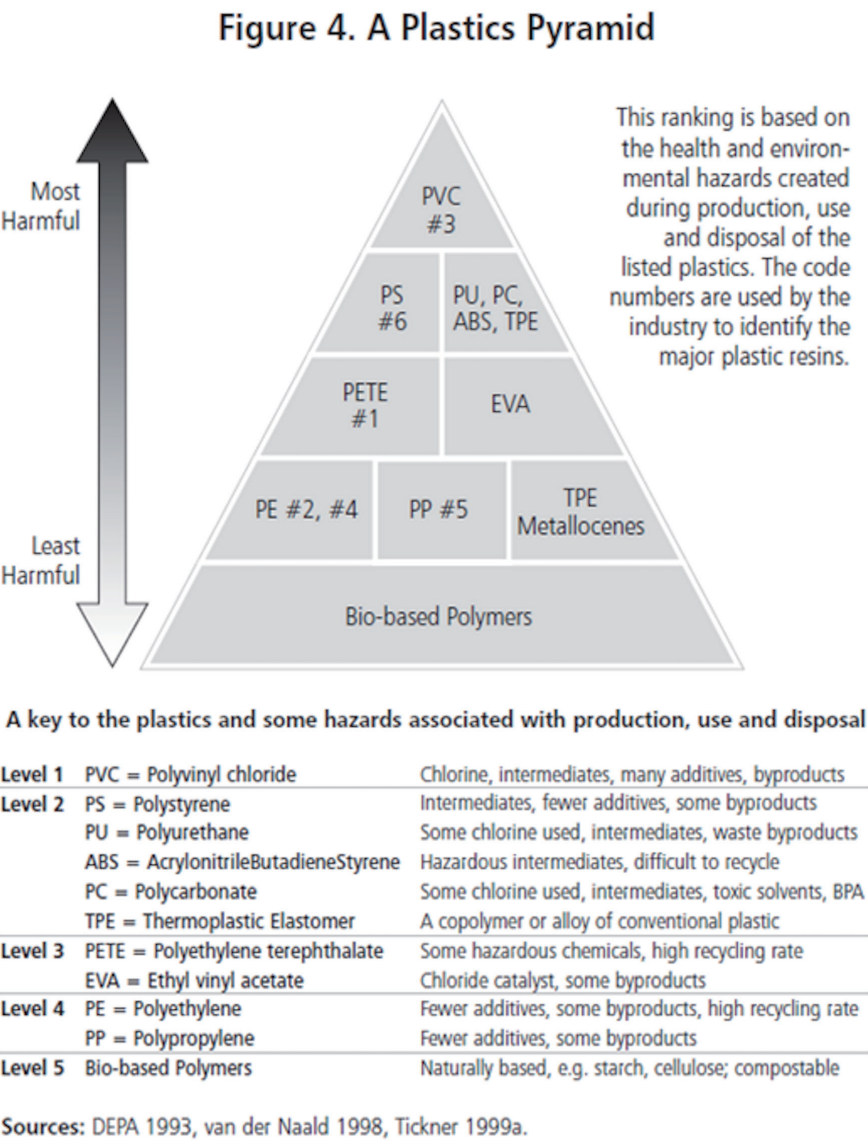
2) 결론 및 제언

- 플라스틱, 그 중에서도 특히 PVC 소재의 플라스틱을 최대한 피해야 한다. PVC 플라스틱의 가소제로 사용되는 프탈레이트는 주요한 환경호르몬 중 하나이기 때문이다. 플라스틱의 생산, 소비, 그리고 폐기의 전 단계에 걸쳐서 그것들이 건강과 환경에 미치는 영향을 고려했을 때 PVC 소재는 가장 위험한 플라스틱이다.

환경호르몬이 아이들의 건강에 미치는 영향이 다른 세대 보다 훨씬 심각하기 때문에 아이들이 거주하는 공간에서의 PVC 재질의 플라스틱 제품을 최대한 피해야 한다.

아래 그림은 플라스틱 각각의 상대적인 유해성을 보기 쉽게 정리한 것이다. 플라스틱 자체를 피하는 것이 가장 좋은 방법이지만 부득이하게 플라스틱 소재의 제품을 사용해야 한다면 아래의 그림을 참조해서 상대적으로 안전한 제품을 선택할 수 있도록 해야 한다.

[그림 16] 상대적으로 안전한 플라스틱 구분



- 중금속 함유 가능성이 높은 재질을 피해야 한다. 화려한 색상을 내기 위해 사용되는 안료에는 납이나 카드뮴, 그리고 크롬과 같은 유해한 중금속이 함유되어 있을 가능성이 높다. 특히, 납과 같은 유해 중금속은 아이들에게 발달장애와 지능장애를 일으킬 수 있는 물질일 뿐만 아니라 그 자체로써 환경호르몬과 유사한 영향을 미칠 수 있는 물질이다. 아이들의 활동 공간에서 사용되는 제품 및 설비에, 그리고 페인트 등에서 일차적으로 점검되어야 할 물질이다. 향후 제품 구매에서도 유해중금속이 함유되어 있는지를 반드시 확인해야 한다.
- 안전한 제품을 선택하는 기준을 갖출 필요가 있다. 현재 국가가 시행하고 있는 제도 중에서 KC마크와 환경부의 환경인증마크를 최대한 활용할 수 있다. 어린이제품 안전특별법에 따라 인증된 KC마크 부착 제품의 경우 어린이들의 건강과 안전의 측면에서 믿을만한 제품이라고 할 수 있다. 특히, 2016년 7월 이후에 생산된 제품 중에서 어린이제품 안전특별법에 의한 KC 인증을 받은 제품은 유해 중금속과 프탈레이트 등에 대한 기준을 준수하고 있을 것으로 믿어지기 때문에 제조 시기와 KC 마크를 꼭 확인하고 제품을 구입하는 것이 좋다. 또한 환경부의 환경인증마크가 부착된 제품이라면 더더욱 믿을만한 제품이라고 할 수 있다. 왜냐하면 환경인증마크는 동일용도의 제품 중에서 다른 제품에 비하여 환경오염을 적게 일으키거나 자원을 절약할 수 있는 제품에 대하여 인증을 부여하기 때문이다. 결론적으로 현행 제도 하에서는 어린이제품 안전특별법에 따른 KC 인증마크와 환경부의 환경인증마크를 최대한 활용해서 상대적으로 더욱 안전한 제품을 구매할 수 있다.

[그림 17] KC 마크와 환경인증마크



- 최근(‘21년 7월) 환경보건법에서 어린이제품의 공통안전기준이 더욱 엄격하게 강화되었다. 즉, 환경보건법 시행령의 [별표 2], ‘어린이활동공간에 대한 환경안전관리기준’에서 현재 규제중인 6종의 프탈레이트계 가소제(DEHP, DBP, BBP, DINP, DIDP, DnOP)에 신규 물질(DIBP)을 추가 지정했으며 실내의 활동공간에 사용되는 합성수지 재질의 바닥재(표면재료)에 들어 있는 7종의 프탈레이트 총함량이 0.1 % 이하가 되도록 강화되었다. 또한 실내 또는 실외의 활동공간에 사용되는 도료 또는 마감재료에서 납의 함량을 90 ppm으로 강화했다. 다만, 이 기준은 2022년 4월 7일부터 적용된다. 또한 본 시행령 시행 전에 설치된 어린이활동공간에 대하여는 2026년 1월 1일부터 별표 2의 개정규정을 적용하는 유예기간이 적용된다. 따라서 본 사업에 참여한 어린이집들은 조사 결과를 참고하여 특히 바닥재와 벽 등의 페인트가 기준에 적합한지를 검토하고 법 적용 기간 내에 개선하고 안전한 어린이 보육환경이 유지될 수 있도록 해야 한다.

- **참고:** 보다 안전한 제품을 선정하는 데 아래의 사이트를 참고할 수 있다.

- 생활화학제품 안전정보 확인		
초록누리 홈페이지		https://ecolife.me.go.kr/ecolife
- 생활용품 친환경제품 확인		
녹색제품정보시스템		http://www.greenproduct.go.kr
- 녹색제품 정보시스템		
		https://m.greenproduct.go.kr:7443
- 친환경건설자재 정보시스템 참고		
		http://gmc.greenproduct.go.kr
- ‘2021 친환경 건설자재정보’ 참고		
[환경산업기술원 제공: 환경산업기술원에서 친환경 인증을 받은 건축자재 리스트 제공]		



[부록 2]

바닥재 프탈레이트 분석 결과



연번	대상	기관명	개원	바닥재 채취지점	DIBP (ppm)	DBP (ppm)	BBP (ppm)	DEHP (%)	DnOP (ppm)	DINP (%)	DIOP (ppm)	Phthalate (%)	브롬 (ppm)	카드뮴 (ppm)	납 (ppm)	Index
1-1	리모델링	시립수암어린이집	2005	복도	147	179	1,798	14.17	0.00	0.00	0	14.38	0	32	0	14.81
				교실[축복반]	0	176	198	26.80	0.00	0.00	0	26.84	0	0	0	26.84
1-2	리모델링	시립이기별어린이집	2010	교실	0	292	485	25.95	0.00	0.00	0	26.03	0	0	0	26.03
				거실	0	318	0	1.93	0.00	5.78	0	7.74	0	0	0	7.74
1-3	리모델링	웃노아이어린이집	1996		154	0	676	14.10	0.00	0.00	0	14.18	0	258	266	20.28
1-4	리모델링	시립이동어린이집	1993	지하	0	0	1,216	8.24	0.00	0.00	0	8.36	0	320	490	17.53
1-5	리모델링	시립선부어린이집	1992		0	214	331	3.83	0.00	2.69	-	6.57	0	38	355	10.63
1-6	제품 교체	시립강골어린이집	1999		-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	-
1-7	제품 교체	시립단원어린이집	1993	3층	147	0	0	0.13	0.00	0.00	0	0.15	0	0	0	0.15
					-	-	-	-	-	-	-	-	0	82	0	-
					-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	-
1-8	제품 교체	시립예디움어린이집	2021		0	0	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0	0.00
1-9	제품 교체	구립목2동어린이집	2019		0	0	0	0.02	0.00	0.00	0	0.02	0	0	0	0.02
1-10	제품 교체	구립은하수어린이집	1984		-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	-
2-1	리모델링	은광지역아동센터	1988		0	0	607	6.39	0.00	0.00	0	6.45	0	0	136	7.81
2-2	리모델링	생명강지역아동센터	1992	사립방북도 주방 겸 공부방	0	0	953	8.16	0.00	0.51	0	8.76	0	0	0	8.76
2-3	제품 교체	갈현지역아동센터	1972		-	-	-	-	-	-	0	6.02	0	0	0	6.02
2-4	제품 교체	구로푸른학고지역아동센터	1985		0	0	0	0.02	0.00	0.00	0	0.02	0	0	0	0.02
2-5	제품 교체	청운지역아동센터	2003		-	-	-	-	-	-	-	-	6.7	0	0	-
2-6	제품 교체	우리모여지역아동센터	1992		-	-	-	-	-	-	-	-	107	214	832	-
2-7	제품 교체	솔나무지역아동센터	1974		-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	-
2-8	제품 교체	우리함께다문화지역아동센터	1991		0	0	0	0.02	0.00	0.00	0	0.02	0	0	0	0.02
2-9	제품 교체	경향지역아동센터	2008		0	0	0	0.02	0.00	0.00	0	0.02	0	0	0	0.02

[부록 3]

리모델링 및 제품 교체 대상 기관 선정을 위한 선정위원회 결과 보고

리모델링 및 제품 교체 대상 기관 선정을 위한 선정위원회 결과 보고

사업명		환경호르몬 없는 아동 친화공간 만들기 사업
사업 수행기관(책임자)		노동환경 건강연구소(김원)
참석자	자문위원	<ul style="list-style-type: none"> • 박경양 목사님(평화의 교회 담임목사, 전 전국지역아동센터 협의회 회장) • 문숙현 센터장(안산시 다문화 가족지원 센터) • 최경호 교수(서울대학교) • 박지영 교수(서울대학교) • 김정규 선임연구원(한국환경산업기술원)
	수행기관	<ul style="list-style-type: none"> • 김원 실장 • 최인자 팀장 • 박수미 연구원
	재단	<ul style="list-style-type: none"> • 김경화 팀장
위원회 개최일시		2021. 9. 15. 10:00~12:00
위원회 개최방법		화상회의(Zoom) 참석

자문위원	자문내용	조치계획
박경양 목사	<ul style="list-style-type: none"> • 여러 사정으로 인해 지역아동센터가 다수 신청하지 못한 점은 아쉬움 • 결과를 활용해서 이후에 교육프로그램을 운영하는 것도 좋겠음 • 캠페인으로 그치지 않고 어린이들의 안전을 도모하는 제도개선으로 확장될 수 있으면 좋겠음 	<ul style="list-style-type: none"> • 조사 결과를 센터 및 어린이집별 보고서로 작성해서 교체가 필요한 제품들을 논의하고 환경관리에 필요한 간단한 가이드를 제공할 예정임 • 이후 교육프로그램 운영에 대해 고려하겠음
문숙현 센터장	<ul style="list-style-type: none"> • 본 사업의 결과가 공익적으로 널리 홍보될 수 있으면 좋겠음 • 사업 후 환경호르몬 없는 환경 개선 사업에 참여했다는 사업장이라는 인증/확인되도록 추진 가능한가? 	<ul style="list-style-type: none"> • 사업 후 어린이집에 대해서는 ‘어린이 활동 공간 환경안심 인증’을 받을 수 있도록 지원할 예정임 • 이외, 환경개선 프로그램에 참여한 어린이 집이라는 확인이 가능한 현판 등을 기획하고 있음

자문위원	자문내용	조치계획
최경호 교수	<ul style="list-style-type: none"> • 공익적 목적에 부합하는 사업으로써 사업의 내용과 방법이 매우 적절함 • Hazard Index라는 표현은 신중하게 고려될 필요가 있음. 좀 더 일반적인 용어로 변경 필요 • 리모델링에 사용되는 소재에 대한 고민 필요. 사업의 목적에 맞게 환경호르몬(특히, 프탈레이트)이 없는 안전한 자재가 사용되었다는 것을 보증할 수 있어야 함 • 리모델링 전후의 노출 저감을 확인하는 것은 사업의 의미를 적극적으로 홍보하는 데 있어 활용될 수 있는 중요한 기획임. 지금의 계획도 충분하지만 좀 더 정교하게 디자인 되면 좋겠음 	<ul style="list-style-type: none"> • 사업의 목적에 맞게 프탈레이트 함유가 확인된 바닥재 여부를 선정기준의 일차 기준으로 삼고 추가로 중금속 함유 여부에 따른 선정 여부를 보완하도록 함 • 리모델링에 사용되는 자재는 환경부의 환경인증을 받은 제품을 기본으로 하되 바닥재의 경우 근본적으로 프탈레이트가 함유되지 않은 재질의 제품을 사용하도록 함 • 어린이집의 경우 학부모 등과의 의사소통 문제가 있어 추가적인 비교평가 설계는 어려운 한계가 있음
박지영 교수	<ul style="list-style-type: none"> • 향후에도 이와 같은 사업이 계속적으로 추진되면 좋겠음. 공익적인 목적으로 매우 훌륭함 • Hazard Index의 사용은 조금 더 신중할 필요가 있음. 독성의 기전이 다른 유해인자를 단순 합산해서 지수로 표현하는 것이 합리적인지 고민 필요 • 리모델링은 바닥만 해당되는 것인지? 어린이집에 사용되는 벽지에 PVC 재질의 실크 벽지 등이 많이 사용되어 또다른 주요한 노출인자가 될 수 있음 • 리모델링 후 어린이집 운영주체들이 스스로 관리할 수 있는 가이드 필요 	<ul style="list-style-type: none"> • Hazard Index는 최경호 교수님의 의견에서와 마찬가지로 프탈레이트 함유가 확인된 바닥재를 일차적인 선정기준으로 활용함 • 리모델링 지원 범위 내에서 바닥재를 우선적으로 교체하고 이후 벽지 등을 교체할 수 있도록 함 • 어린이집 운영주체들에게 유용한 간단한 가이드를 제공할 예정임
김정규 선임연구원	<ul style="list-style-type: none"> • 공익목적으로써는 좋은 기획인데 신청 사업장이 많지 않아서 아쉬움 • 장판 등이 2~3년 정도면 교체가 필요한 시기가 도래할 수 있어 적절한 시기에 개선이 필요함. 본 사업은 환경개선에 있어 의미 있는 사업이라고 판단됨 • 다만, 바닥재만 대상이 되는 것인가? 여러 가지 시설자재는 어떤가? 	<ul style="list-style-type: none"> • 리모델링 지원 범위 내에서 바닥재를 우선적으로 교체하고 이후 벽지 등을 교체할 수 있도록 함

사업명	<ul style="list-style-type: none"> • 지원 대상 기관 통보 <ul style="list-style-type: none"> - 리모델링 지원 7곳 (어린이집 5곳, 지역아동센터 2곳) - 제품 교체 지원 12곳 (어린이집 5곳, 지역아동센터 7곳) • 소변 검사 지원자 모집 및 소변 검사 실시 • 리모델링 대상 기관의 물량조사 • 리모델링 수행 업체 제한적 공개입찰 • 리모델링 수행 및 사후 모니터링(먼지 조사 및 소변 조사) 실시
회의 모습	



[부록 4]

리모델링 업체 선정 과정

리모델링 업체 선정 과정

1. 리모델링 업체 모집

- 리모델링을 수행할 업체를 선정하기 위해 선정 대상 업체에 대한 내부 기준을 설정함
- 한국에코인테리어 진흥협회(환경부의 환경인증제품을 사용하기 위해 환경부와 자발적 협약을 맺은 기업들의 협회) 소속 기업, 리모델링을 업종으로 하는 사회적 기업, 그리고 한국환경산업기술원에서 추천하는 기업을 대상으로 하는 제한적 공개입찰을 실시하기로 함
- 한국에코인테리어 진흥협회를 통해 소속 회원사들에게 사업참여할 수 있도록 공문과 “환경호르몬 없는 아동 친화공간 만들기 사업 공사 선정 입찰 공고”문을 함께 발송함
- 리모델링을 업종으로 하는 사회적 기업의 경우 아래의 정보소스를 참고해서 참여 독려할 업체를 선정함

[리모델링을 업종으로 하는 사회적 기업 정보 소스]

연번	DB 소스	홈페이지
1	서울특별시 사회적 경제지원센터	https://sehub.net
2	사단법인 한국사회주택협회	http://www.socialhousing.kr
3	한국사회적기업진흥원	https://www.sepp.or.kr
4	'집수리전문업체 및 사회적기업'으로 구글 검색	

- 다음 표에 해당되는 사회적 기업들에게 설명회참여 요청 공문과 “환경호르몬 없는 아동 친화공간 만들기 사업 공사 선정 입찰 공고”문을 함께 발송함

[설명회 참여 독려 연락을 위한 사회적 기업 리스트]

연번	업체명 및 업체 소개	주요서비스	인증유형	인증연도	주소지	홈페이지	비고
1	㈜ 희망하우징 건설·주택분야에서 공익집수리, 실내공사, 마을만들기, 주택관리와 같은 사회공익실현을 목적으로 비영리민간단체인 주거복지연대(이사장 이상한)가 설립한 주거복지 전문 주식회사이다. 희망하우징의 핵심가치는 신뢰형성, 상호호혜성, 긴밀한 관계망(network)이다.	집수리	인증 (고용노동부)	2012	서울시 동작구 여의대방로 44길 47 대방주공상가 103호 (06942)	www.heemanghousing.com	
2	일촌나눔하우징주식회사 취약계층의 집수리를 통해 생활환경은 물론 마음을 치유하며 집에 대한 긍정적인 이미지를 회복하는데 기여하고자 한다. 이를 위해 일촌나눔하우징은 '가족의 정과 사랑을 나누는 최상의 주거시설 환경을 제공해 삶의 질을 향상시키는 사회적기업'이라는 비전을 갖고 일하고 있다.	인테리어 공사 리모델링 건물 위생관리	인증 (고용노동부)	2013	서울시 노원구 석계로 49 (206~210호)	www.joytouch.co.kr	
3	녹색친구들 지속가능한 친환경 도시공동체와 주거복지 실현이라는 소셜미션을 가지고, '사회주택', '도시재생', '커뮤니티' 분야에서 사회혁신 솔루션을 만드는 소셜디벨로퍼입니다.	사회주택 건축시공 도시재생/지역재생 커뮤니티 운영관리		2018	서울시 마포구 월드컵로10길 9 유삼빌딩 5층(서교동)	www.greenfriends.co.kr	
4	㈜두깨비하우징 재개발과 뉴타운으로 대표되는 재정비사업으로 인해 빠른 속도로 아파트 숲이 되어 가고 있는 지금, 두깨비하우징은 주민들과 함께 살아가 수 있는 살기 좋은 동네를 만든다. 주민이 주도하는 마을계획을 기반으로 동네를 안전하고 편안하고 아름답게 꾸미며, 더불어 살 수 있는 마을을 함께 만들기 위해 노력한다.	건물에너지진단과 컨설팅 설계·시공 실내건축공사	인증 (고용노동부)	2013	서울시 은평구 연서로37길14, 2층	www.facebook.com/ ToadHousing	시공 여부는 불확실해 보임

연번	업체명 및 업체 소개	주요서비스	인증유형	인증연도	주소지	홈페이지	비고
5	주식회사 나눔하우징 '이웃들의 보금자리 지킴이'라는 미션을 통해 주거복지를 추구하는 건설 사회적기업이다. 어려운 이웃의 주거와 관련된 문제 해결을 위해 일자리를 나누고, 주택개량 및 주거복지 서비스를 제공한다. 또한 인테리어, 리모델링 분야에서의 시공능력 전문화, 사회주택 신축 및 관리사업 등의 사업도 추진한다.	주택개보수 인테리어 시설물 유지관리 실내조경	인증 (고용노동부)	2011	서울시 성북구 동소문로 272 (하월곡동, 5층)	www.nanumhousing.kr	주소, 홈페이지 부정확 정확한 주소를 찾을 수 없음
6	더몽 빈집을 역사이클링하여 지역사회를 재생 일상에서 친이들에게 후식을제공해삶을재생 로컬여행을유치하여침체된지역경제를재생		인증	2020	서울시 성동구 독성로1길 2 성동도시상생센터 6층	themong.kr	
7	새암 취약계층에게 지속적이고 안정적인 일자리를 제공하며, 패작한 주거환경 제공을 목적으로 하는 건설 사회적 기업 입니다.	실내건축 시설물유지관리 가스시설 공사 전기 공사 통신 공사 LED조명 공사 등	인증 (고용노동부)	2013	서울시 마포구 금천구 벚꽃로 30 상기동 B113호	se-am.co.kr	건설업 등록증 보유
8	㈜올리브앤제퍼토		인증			www.alljep.co.kr	건설업 등록증 보유
9	㈜굿앤컴퍼니		인증		서울시 은평구 통일로 684 서울혁신파크 1동 6F		건설업 등록증 보유
10	㈜비탕색이엔지		인증		서울시 강서구 개화동로 21길4 상가동 201호	www.batangsak.com	건설업 등록증 보유
11	㈜제일디자인		인증		경기도 광명시 시청로 7	www.jd123.co.kr	안전진단이 주요 사업 영역으로 보임

2. 리모델링 업체 선정을 위한 설명회

- 환경호르몬 없는 아동 친화공간 만들기 사업 중 리모델링을 위한 업체 선정 목적의 설명회를 아래와 같이 진행함

- Ⅰ 일시 : 2021년 10월 14일(목) 16시 30분
- Ⅰ 장소 : 녹색병원(중랑구 사가정로 49길 53) 지하2층 강당
- Ⅰ 참석자격 : 업체대표자 또는 그를 대리하는 자(업체소속 임직원)
 - 1) 신분증 지참하여 참석
 - 2) 대리인 참석 시 재직증명서 원본1부 지참[*재직 여부 확인용]
- Ⅰ 현장설명회에 참가한 업체만 입찰을 참여할 수 있음

- 4개 업체 참석해 사업 내용을 소개 받고 질의응답 진행함

[리모델링 업체 선정을 위한 사업 설명회]



3. 리모델링 업체 입찰

- 환경호르몬 없는 아동 친화공간 만들기 사업 중 리모델링을 위한 업체는 공고문에 적시된 바와 같이 제한적 최저입찰로 선정함

| 일시 : 2021년 10월 21일(목) 14시

| 장소 : 노동환경건강연구소 (종량구 사가정로 49길 53)

| 참석자격 : 금융산업공익재단 김창희 사무국장

노동환경건강연구소 김신범 부소장, 노동환경건강연구소 김원 실장

- 공고문에 적시된 바대로 실내건축업으로 등록된 업체인지 여부와 공공기관에서 발주된 어린이 활동공간 환경개선 사업 실적이 있는 업체인지를 확인함
- 입찰 자격이 확인된 업체 중에서 최저가를 제출한 업체를 선정함

[리모델링 업체 입찰 서류 검토(금융산업공익재단 및 노동환경건강연구소 입회)]



4. 최종 선정

- 환경호르몬 없는 아동 친화공간 만들기 사업의 리모델링 업체로써 “주성디자인랩 주식회사”가 최종 선정됨

[부록 5]

제품 교체 지원 내역

어린이집

목2동어린이집

대상	제품 교체	
품목명	EQB 메가세트 다이노월드 원목블록	
사이즈		
수량	3세트	
대상	제품 교체	
품목명	지아지조 프리미엄 편백나무 큐브 칩	
사이즈		
수량	5세트	
대상	제품 교체	
품목명	EQB 원목블록 베가 36pcs	
사이즈		
수량	3세트	
대상	제품 교체	
품목명	스퀴즈 블록모형 장난감 150p	
사이즈		
수량	2세트	

대상	제품 교체	
품목명	동물 6면블록 원목 퍼즐	
사이즈		
수량	2세트	
대상	제품 교체	
품목명	실리콘 블록놀이 48p	
사이즈		
수량	4세트	
대상	제품 교체	
품목명	동물가족세트	
사이즈		
수량	5세트	
대상	제품 교체	
품목명	숫자놀이	
사이즈		
수량	2세트	
대상	제품교체	
품목명	NEW 공구 자동차	
사이즈		
수량	5세트	

대상	제품 교체	 
품목명	블록 싹끼기	
사이즈		
수량	3세트	
대상	제품 교체	 
품목명	어깨동무 도미노	
사이즈		
수량	5세트	
대상	추가 지원	
품목명	유니트블럭 310pcs	
사이즈		
수량	3개	
대상	추가 지원	 
품목명	오리고플레이텐트	
사이즈		
수량	6개	
대상	추가 지원	
품목명	엔도르프 원목 소꿉놀이세트 자석 과일 자르기 16종	
사이즈		
수량	2개	

대상	추가 지원	
품목명	하페 원목 화장품 가방 혼합색상	
사이즈		
수량	2개	
대상	추가 지원	
품목명	주방 소꿉놀이세트	
사이즈		
수량	6개	
대상	추가 지원	
품목명	르파파 자동차마을	
사이즈		
수량	1개	
대상	추가 지원	
품목명	르파파 동화속마을	
사이즈		
수량	1개	
대상	추가 지원	
품목명	르파파 공룡마을	
사이즈		
수량	1개	

대상	추가 지원	
품목명	르파파 어느작은마을	
사이즈		
수량	1개	
대상	추가 지원	
품목명	르파파 뽀띠 숲속궁전	
사이즈		
수량	1개	
대상	추가 지원	
품목명	2인 소파	
사이즈		
수량	1개	

은하수어린이집

대상	제품 교체	
품목명	즐거운 소꿉놀이세트 0채*요리	
사이즈		
수량	4세트	
대상	제품 교체	
품목명	주방놀이 소꿉놀이세트	
사이즈		
수량	4세트	
대상	제품 교체	
품목명	자석블럭 글자놀이세트	
사이즈		
수량	4세트	
대상	추가 지원	
품목명	책상	
사이즈	좌식 반원형 2개, 사각 2개	
수량	4개	
대상	추가 지원	 
품목명	의자	
사이즈	유아용	
수량	22개	

대상	추가 지원	
품목명	서랍형 수납장	
사이즈	1100*400*1000	
수량	1개	
대상	추가 지원	
품목명	수납장	
사이즈	1100*300*900	
수량	2개	
대상	추가 지원	
품목명	교구장	
사이즈		
수량	2개	

시립감골어린이집

대상	제품 교체	 
품목명	의자	
사이즈	영유아용	
수량	25개	
대상	추가 지원	
품목명	책상	
사이즈	좌식 원형 [가로1000*세로500]	
수량	6개	
대상	추가 지원	
품목명	책상	
사이즈	좌식 사각 [가로1000*세로500]	
수량	3개	
대상	추가 지원	 
품목명	책상	
사이즈	입식 원형 [가로1000*세로500]	
수량	4개	
대상	추가 지원	 
품목명	교구장	
사이즈	1100*800*300	
수량	2개	


시립단원어린이집

대상	제품 교체	 
품목명	책걸상세트	
사이즈	영유아용	
수량	1세트	
대상	추가 지원	  
품목명	책걸상세트	
사이즈	반원 책상 2개 사각 책상 2개 의자 24개	
수량		
대상	추가 지원	
품목명	유니트블럭+장	
사이즈		
수량	1개	

시립에다음어린이집

대상	제품 교체	
품목명	매트	
사이즈	1000*1000*14 42개 1000*1000*25 12개	
수량		
대상	제품 교체	
품목명	매트	
사이즈	1850*1400 2개 2500*1400 2개	
수량		
대상	추가 지원	 
품목명	책장세트	
사이즈		
수량	1개	
대상	추가 지원	
품목명	우드베어 영아용 2단교구장(막힘형)	
사이즈		
수량	2개	
대상	추가 지원	
품목명	주방놀이 소꿉놀이세트v2	
사이즈		
수량	2개	

시립선부어린이집

대상	추가 지원	
품목명	책걸상세트	
사이즈	반원 책상 2개 사각 책상 2개 의자 10개	
수량	2세트	
대상	추가 지원	 
품목명	유니트블럭+장	
사이즈		
수량	1개	

시립수암어린이집

대상	추가 지원	  
품목명	책걸상세트	
사이즈	반원 책상 2개 사각 책상 2개 의자 10개	
수량	2세트	

시립아기별어린이집

대상	추가 지원	
품목명	책상	
사이즈	좌식사각	
수량	4개	
대상	추가 지원	 
품목명	유니트블럭+장	
사이즈		
수량	1개	

웃는아이어린이집


대상	추가 지원	 
품목명	책걸상세트	
사이즈	반원 책상 2개 사각 책상 2개 의자 10개	
수량	2세트	

시립이동어린이집

대상	추가 지원	 
품목명	책걸상세트	
사이즈	반원 책상 2개 사각 책상 2개 의자 10개	
수량	2세트	
대상	추가 지원	
품목명	유니트블럭+장	
사이즈		
수량	1개	

지역아동센터

갈현지역아동센터

대상	제품 교체	  
품목명	3x3 개폐식 사물함	
사이즈	1080*430*1200	
수량	3개	
대상	추가 지원	  
품목명	좌식 책상세트 [반원형, 사각형]	
사이즈	2000*1000*300	
수량	4세트	
대상	추가 지원	 
품목명	유니트블럭+장	
사이즈		
수량	1개	

생명강지역아동센터

대상	제품 교체		
품목명	5단 책장		
사이즈	1200*300*1800		
수량	2개		
대상	제품 교체		
품목명	1열 3단 시물함		
사이즈	1200*350*800		
수량	4개		
대상	추가 지원		
품목명	책상세트 [접이식 반원형 책상]		
사이즈	2400*1200*320		
수량	4세트		
대상	추가 지원		
품목명	유닛블럭+장		
사이즈			
수량	1개		

은광지역아동센터

대상	추가 지원		
품목명	책상(분리형)		
사이즈	2400*1200*720		
수량	2세트		
대상	추가 지원		
품목명	다용도 수납장		
사이즈	1100*400*610		
수량	1개		
대상	추가 지원		
품목명	테이블 의자 세트		
사이즈	600*350*220(테이블) 430*370*450(1인용의자) 830*370*450(3인용의자)		
수량	1개		
대상	추가 지원		
품목명	유닛블럭+장		
사이즈			
수량	1개		
대상	추가 지원		
품목명	빈백		
사이즈	[퍼니존] 디자인빈백 연초록 (FZ-1111-LG)		
수량	2개		

경향지역아동센터

대상	제품 교체	
품목명	책장 (3단 2연 서가)	
사이즈	800*300*1200	
수량	3개	


대상	제품 교체	
품목명	책장 (5단 2연 서가)	
사이즈	800*300*1800	
수량	2개	

대상	추가 지원	
품목명	원목신발장 40인용	
사이즈	1400*300*1000	
수량	1개	

대상	추가 지원	
품목명	책장	
사이즈	800*300*1400	
수량	4개	

대상	추가 지원	
품목명	다용도정리장	
사이즈	1040*400*950	
수량	1개	

대상	추가 지원	
품목명	책상(분리형) 의자	
사이즈	2400*1200*670 (10인용)	
수량	반원 2개, 사각형2개 의자 10개	

대상	추가 지원	
품목명	유니트블럭+장	
사이즈		
수량	1개	

구로푸른지역아동센터

대상	제품 교체	
품목명	책장	
사이즈	800*300*1400	
수량	1개	
대상	제품 교체	
품목명	4단 2칸 책장	
사이즈	800*500*1500	
수량	1개	
대상	제품 교체	
품목명	안전놀이매트	
사이즈	1400*2000*두께45	
수량	5개	
대상	추가 지원	
품목명	이동형 파일서랍장	
사이즈	400*600*600	
수량	1개	
대상	추가 지원	
품목명	사물함 12인용	
사이즈	1040*400*950	
수량	1개	

대상	추가 지원	
품목명	서랍장 12인용	
사이즈	1100*420*950	
수량	1개	
대상	추가 지원	
품목명	15인용 바구니	
사이즈	1040*400*950	
수량	1개	
대상	추가 지원	
품목명	다용도 서랍장	
사이즈	380*400*750	
수량	1개	
대상	추가 지원	
품목명	교구장	
사이즈	1150*400*800	
수량	2개	
대상	추가 지원	
품목명	유니트블럭+장	
사이즈		
수량	1개	

청운지역아동센터

대상	제품 교체			
품목명	소파			
사이즈	850*410*470			
수량	4개			

대상	제품 교체			
품목명	3단 책장(높이조절)			
사이즈	950*1200*250			
수량	1개			

대상	제품 교체			
품목명	책장			
사이즈	750*1400*300			
수량	1개			

대상	추가 지원			
품목명	레고놀이 책상(접이식)			
사이즈	1240*620*310			
수량	2개			

대상	추가 지원			
품목명	책꽂이(이동식)			
사이즈	1000*300*950			
수량	1개			

대상	추가 지원			
품목명	책상			
사이즈	750*450*720			
수량	3개			

대상	추가 지원			
품목명	접이식 의자			
사이즈	IO-DSP50251 610*580*845			
수량	14개			

대상	추가 지원			
품목명	유니트블럭+장			
사이즈				
수량	1개			

우리모여지역아동센터


대상	제품 교체	
품목명	상하장 세트	
사이즈	800*400*2000	
수량	2개	
대상	제품 교체	
품목명	요가매트	
사이즈	90*180	
수량	2개	
대상	추가 지원	
품목명	벤치	
사이즈	1800*600*440(3인용)	
수량	1개	

솔나무지역아동센터

대상	제품 교체				
품목명	테이블				
사이즈	1200*600*720				
수량	4개				
대상	추가 지원				
품목명	아동의자-등받이				
사이즈	-				
수량	10개				
대상	추가 지원				
품목명	테이블				
사이즈	1000*600*720				
수량	1개				
대상	추가 지원				
품목명	개폐식 사물함 (2단 5칸)				
사이즈	2005*1000*400 (1칸 410*500)				
수량	2개				

우리다함께지역아동센터

대상	제품 교체	
품목명	좌식책상	
사이즈	1200*800*350	
수량	8개	

대상	추가 지원	
품목명	책장	
사이즈	1900*300*1200	
수량	1개	

대상	추가 지원	
품목명	책장	
사이즈	1000*300*1200	
수량	1개	

대상	추가 지원	
품목명	책장	
사이즈	1500*300*1500	
수량	1개	

대상	추가 지원	
품목명	책장	
사이즈	2500*300*1400	
수량	1개	

대상	추가 지원	
품목명	유닛블럭+장	
사이즈		
수량	1개	



[부록 6]

친환경 리모델링 효과 평가 보고서

- 어린이집 먼지 분석 결과 및 어린이 소변 분석 결과

I. 리모델링

1. 리모델링 과정

1) 리모델링 범위	100
2) 리모델링 과정	102
3) 리모델링시 사용한 주요 건축 자재의 사양	103
4) 리모델링 시공 바닥재 성분 분석 결과	104

2. 리모델링 시공 결과	105
---------------	-----

II. 먼지 내 프탈레이트 농도 저감 평가

1. 먼지 샘플링 방법

1) 먼지 샘플링 전략	106
2) 먼지 샘플링 방법	106

2. 먼지 내 프탈레이트 분석 방법	107
---------------------	-----

3. 먼지 내 프탈레이트 분석 결과	108
---------------------	-----

4. 먼지 내 프탈레이트 분석 결과 평가	110
------------------------	-----

III. 어린이 소변 내 프탈레이트 농도 저감 평가

1. 어린이 소변 채취 방법

1) 소변 샘플링 전략	113
2) 소변 샘플링 방법	114

2. 소변 내 프탈레이트 분석 방법	115
---------------------	-----

3. 소변 내 프탈레이트 분석 결과

1) 분석 결과 개요	117
2) 소변 내 프탈레이트 농도에 영향을 미치는 요인 분석	127

4. 소변 내 프탈레이트 분석 결과 소결	158
------------------------	-----

IV. 환경호르몬 없는 아동친화공간 만들기 사업의 성과

1. 친환경 리모델링 사업의 총평	160
--------------------	-----

2. 친환경 리모델링 사업의 성과	162
--------------------	-----

날짜 : 2022. 02. 28

지원 :  금융산업공익재단
Financial Industry Public Interest Foundation

수행기관 :  노동환경건강연구소
for Occupational & Environmental Health

표 차례

<표 1> 각 사업 대상 기관별 리모델링 대상 범위	100
<표 2> 리모델링에 사용된 건축자재들의 사양	103
<표 3> 리모델링 시공에 사용된 바닥재의 프탈레이트 함유 분석 결과(ppm)	104
<표 4> 리모델링 전후 비교	105
<표 5> 먼지 내 분석대상 프탈레이트 종류	108
<표 6> 리모델링 대상 기관들에서 채취된 먼지 내 프탈레이트 농도 분포(mg/kg)	109
<표 7> 리모델링 전후에 채된 먼지 내 프탈레이트 함량 분포(mg/kg)	111
<표 8> 소변 중 분석 대상 프탈레이트 대사산물 종류	116
<표 9> 어린이 소변 채취 실적	117
<표 10> 소변 내 프탈레이트 대사산물들의 농도분포($\mu\text{g/g Creat.}$)	119
<표 11> 리모델링 후 소변 내 프탈레이트 대사산물 농도의 ICC 분석 결과	121
<표 12> 리모델링 전/후 소변 내 프탈레이트 대사산물 농도의 ICC 분석 결과	124
<표 13> 소변 내 MEHP 농도에 영향을 미치는 요인 분석	128
<표 14> MEHP 농도에 영향을 미치는 요인들의 모델 분석	130
<표 15> 소변 내 MEHHP 농도에 영향을 미치는 요인 분석	132
<표 16> MEHHP 농도에 영향을 미치는 요인들의 모델 분석	134
<표 17> 소변 내 MEOHP 농도에 영향을 미치는 요인 분석	136
<표 18> MEOHP 농도에 영향을 미치는 요인들의 모델 분석	138
<표 19> 소변 내 MECPP 농도에 영향을 미치는 요인 분석	140
<표 20> MECPP 농도에 영향을 미치는 요인들의 모델 분석	142
<표 21> 소변 내 Σ (DEHP metabolite) 농도에 영향을 미치는 요인 분석	144
<표 22> Σ (DEHP metabolite) 농도에 영향을 미치는 요인들의 모델 분석	146
<표 23> 소변 내 MnBP 농도에 영향을 미치는 요인 분석	149
<표 24> MnBP 농도에 영향을 미치는 요인들의 모델 분석	151
<표 25> 소변 내 MBzP 농도에 영향을 미치는 요인 분석	154
<표 26> MBzP 농도에 영향을 미치는 요인들의 모델 분석	156
<표 27> 어린이집 환경 및 어린이 소변 내 프탈레이트 검출 결과 요약	159

그림 차례

[그림 1] 친환경바닥재를 어린이집에 시공하는 모습	102
[그림 2] 먼지 중 프탈레이트 분석에 사용된 GC/MS	107
[그림 3] 먼지 채취 시기별 먼지 내 DEHP 농도의 변화	111
[그림 4] 먼지 채취 시기별 먼지 내 DBP 농도의 변화	112
[그림 5] 어린이 소변 샘플링 전략 개요	113
[그림 6] 줌(ZOOM)회의를 통한 소변채취 사전 설명회 모습	114
[그림 7] 소변 채취 설명 동영상의 일부 캡처 장면	115
[그림 8] 소변 중 프탈레이트 대사체 분석에 사용된 LC/MS/MS	116
[그림 9] 리모델링 후 연속으로 채취된 소변 내에서의 프탈레이트 대사산물들의 농도 분포 (DEHP 대사산물 이외의 물질들)	122
[그림 10] 리모델링 후 연속으로 채취된 소변 내에서의 프탈레이트 대사산물들의 농도 분포 (DEHP 대사산물들)	123
[그림 11] 리모델링 전/후 채취된 소변 내에서의 MEP와 MiBP의 농도	125
[그림 12] 리모델링 전/후 채취된 소변 내에서의 MnBP와 MBzP의 농도	125
[그림 13] 리모델링 후 연속으로 채취된 소변 내에서의 DEHP 대사산물들의 농도	126
[그림 14] 리모델링 전후의 소변 내 MEHP 농도 분포	131
[그림 15] 리모델링 전후의 소변 내 MEHHP 농도 분포	135
[그림 16] 리모델링 전후의 소변 내 MEOHP 농도 분포	139
[그림 17] 리모델링 전후의 소변 내 MECPP 농도 분포	143
[그림 18] 리모델링 전후의 소변 내 Σ (DEHP metabolites) 농도 분포	147
[그림 19] 리모델링 전후의 소변 내 MnBP 농도 분포	152
[그림 20] 리모델링 전후의 소변 내 MBzP 농도 분포	157

I. 리모델링

1. 리모델링 과정

1) 리모델링 범위

각 사업 대상 기관별로 진행된 리모델링 범위는 아래 표와 같았다. 먼저 내 프탈레이트 농도 수준에 기여하는 주요 변수 중에서 가장 중요한 바닥재의 교체가 리모델링 사업의 일순위 대상이었다. 그 다음으로 현장 평가 당시 PVC 소재로 확인된 건축자재들 중에서 벽재가 그 다음 교체 대상이었다. 추가적으로 납이 함유된 페인트가 사용된 경우에 납과 같은 유해 중금속이 함유되지 않은 페인트를 이용해 덧칠을 하는 방식으로 리모델링이 진행되었다.

<표 1> 각 사업 대상 기관별 리모델링 대상 범위

지역	기관명	대상공간		시공내용	비고
안산	시립수암어린이집	1층	축복사랑반	바닥	
			실 전체(종문포함)	도어교체	
	시립아기별어린이집		보육실	바닥	
				도어교체	
		공용공간		바닥	
				가구제작	
	시립이동어린이집	1층	복도	바닥	의자 겸 책장, 현관 신발장
			도담반		
			해오름반		
			식당		
		2층	하랑반		
			다담반		
			가온누리반		
			미나래반		
			복도		

지역	기관명	대상공간		시공내용	비고
안산	시립선부어린이집	1층	튼튼반	바닥	-
			기쁨반		
			사랑반		
		2층	슬기로운반		
			지혜로운반		
			해맑은반		
			신나는반		
			즐거운반		
	웃는아이어린이집	1층	앞새반	바닥	-
				도어교체	
				도배	
			풀잎반	바닥	
				도어교체	
				도배	
		공용공간		바닥	
				도배	
		2층	실 전체	도어 도색	
			꽃잎반	바닥	
			복도	바닥	
서울	은광지역아동센터	3층	뽀뽀롱스타킹방	바닥	-
				도어	
			라임오렌지방	바닥	
				도어	
			아낌없이주는나무	바닥	
				도어	
			마주이야기방	바닥	
				도어	
		4층	공용공간	바닥	
			복층공간	바닥	
			우물방	바닥	

2) 리모델링 과정

어린이집 및 지역아동센터의 운영에 차질이 없도록 리모델링을 진행하기 위해 토요일과 일요일에 집중적으로 공사를 진행했다. 아래는 바닥재를 교체하는 공사의 모습을 보여주고 있다. 바닥재 공사의 경우 기존 바닥재를 걷어내지 못하고 그 위에 새로운 바닥재를 덮어 시공하는 방식으로 공사가 진행되었다. 기존 바닥재가 오래 전에 시공된 탓에 접착제로 완전히 고착된 상태였기 때문에 이를 걷어내게 되면 공사 중 발생하는 소음 및 먼지의 문제, 공사기간의 문제, 그리고 기관 운영에 차질이 발생하는 문제 등이 예상되었다. 따라서 기존 바닥재를 걷어 내지 않고 그 위에 새로운 바닥재를 덮어서 시공하는 방식으로 공사를 진행할 수밖에 없었다. 이 모든 과정은 사전에 각 기관과 상의되고 논의된 후에 진행되었다.

[그림 1] 친환경바닥재를 어린이집에 시공하는 모습



3) 리모델링시 사용한 주요 건축 자재의 사양

앞서 서술한 바와 같이, 본 사업에서의 리모델링에서 주요 교체 대상이 되었던 건축자재는 바닥재이다. 바닥재는 실내 먼지 중 프탈레이트 오염 소스 중에서 가장 주요한 건축자재이다. 따라서 리모델링에 사용된 건축자재는 프탈레이트가 사용되지 않은 것으로써 공인기관으로부터 환경 친화적인 건축자재임을 인증 받은 것을 사용했다. 바닥재 이외의 건축자재로써 리모델링에 사용된 친환경 자재들은 다음 표와 같았다. 바닥재와 마찬가지로 유해물질이 사용되지 않은 친환경 자료로써 인증 받은 것들을 사용했다.

<표 2> 리모델링에 사용된 건축자재들의 사양

품목	인증분야	인증사유	인증기관	비고
바닥재	한국산업표준(KS)	-	한국임업진흥원	
	환경표지인증	자원순환성 향상, 유해물질 감소, 생활환경오염 감소	한국환경산업기술원	
	시험성적서	목재 규격품질검사	한국건설생활환경 시험연구원	
	시험성적서	환경유해물질 (총휘발성유기화합물, 톨루엔, 폼알데하이드)	한국건설생활환경 시험연구원	기준이내
	시험성적서	환경유해물질 (납, 카드뮴, 수은, 육가크롬)	한국건설생활환경 시험연구원	불검출
벽지	환경표지인증	유해물질 감소, 생활환경오염 감소	한국환경산업기술원	
	시험성적서	환경유해물질(총휘발성유기화합물, 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 크실렌, 스티렌, 폼알데하이드)	FITI 시험연구원	기준이내
	시험성적서	환경유해물질 (납, 카드뮴, 수은, 육가크롬)	FITI 시험연구원	불검출
페인트	환경표지인증	지역 환경오염 감소, 유해물질 감소, 생활환경오염 감소	한국환경산업기술원	
	시험성적서	환경유해물질(총휘발성유기화합물, 톨루엔, 폼알데하이드, 납, 카드뮴, 수은, 육가크롬)	한국기계전기전자 시험연구원	기준이내 불검출
	친환경건축자재인증	오염물질저감	한국공기청정협회	적합

4) 리모델링 시공 바닥재 성분 분석 결과

본 리모델링 사업 시공에 사용된 바닥재의 제조업체로부터 협조를 받아 분석용 샘플을 확보했다. 제공 받은 샘플을 대상으로 과거에 사용된 바닥재에서 문제가 되었던 프탈레이트의 함유 여부와 함량을 분석해 보았다. 분석 결과를 아래 표와 같았다.

<표 3> 리모델링 시공에 사용된 바닥재의 프탈레이트 함유 분석 결과(ppm)

물질명	DiBP	DBP	BBP	DEHP	DnOP	DINP	DIDP
농도	7.11	10.30	ND	24.24	ND	ND	ND
ND: Not Detected, 불검출							

환경보건법의 어린이제품 공통안전기준에서 규제하고 있는 7종의 프탈레이트 함유여부를 분석한 결과 3종의 프탈레이트 즉, DiBP, DBP, 그리고 DEHP의 프탈레이트가 검출되었다. 그러나 함량 수준은 매우 낮아 각각의 경우 10 ~ 20 ppm의 농도가 확인되고 있었다. 분석기기의 검출한계보다 조금 높은 수준으로 분석되고 있었다. 이는 제품의 기능을 위해 해당 물질을 함유시켰다고 보기는 어렵다. 제품 내에 오염된 수준이라고 보인다.

앞서 언급한 바와 같이, 본 바닥재의 경우 한국산업표준과 환경표지 인증을 받았을 뿐만 아니라 중금속과 휘발성유기화합물 등이 안전기준 이내이거나 검출되지 않았다는 시험성적서가 첨부된 제품이다. 본 사업에서 가장 중요하게 평가하고 있는 환경호르몬, 즉, 프탈레이트의 함유 여부는 인증서나 시험성적서에서 확인할 수는 없었다.

따라서 노동환경건강연구소에서 직접 규제 대상이 되고 있는 프탈레이트가 함유되었는지를 검증했고 결과적으로 해당 프탈레이트가 오염된 수준으로 극히 미량 검출되고 있을 뿐이라는 것을 확인할 수 있었다. 결과적으로 리모델링에 사용한 바닥재는 본 사업의 취지에 맞는 재질의 바닥재라는 것을 확인할 수 있었다.

2. 리모델링 시공 결과

아래 표는 일부 대상 기관에서 수행된 리모델링 시공의 전과 후를 비교한 것이다. DEHP와 DINP 등이 사용된 바닥재 대신에 해당 성분들 및 유해 중금속 등이 사용되지 않은 친환경 바닥재가 시공되었다. 문 역시 PVC 소재의 시트지 등이 처리되었던 것을 나무 소재의 문으로 교체했다.

<표 4> 리모델링 전후 비교

대상 기관	공사 전	공사 후	공사 내용
어린이집 일부			바닥재와 문 교체
지역아동센터 일부			바닥재와 문 교체

II. 먼지 내 프탈레이트 농도 저감 평가

1. 먼지 샘플링 방법

1) 먼지 샘플링 전략

본 사업에 참여 의사를 밝힌 어린이집 및 지역아동센터를 방문하여 바닥재 조사를 실시하였다. 즉, 현장 바닥재의 일부를 채취하여 프탈레이트의 함유 및 함량을 분석하였다. 바닥재 분석결과를 토대로 바닥재에서 프탈레이트 함유가 확인된 기관을 중심으로 사업 대상 선정위원회의 심의를 거쳐 최종 리모델링 대상 기관을 선정했다.

먼지 채취는 세 번에 걸쳐 이루어졌다. 첫 번째와 두 번째 먼지 채취는 리모델링이 이루어지기 전에 약 한 달의 기간을 두어 수행되었다. 리모델링을 거쳐 근본적인 개선이 이루어지기 전에는 먼지내에 오염된 프탈레이트의 농도가 크게 변하지 않는다는 것을 보여주기 위한 샘플링 전략이었다. 세 번째 먼지 채취는 리모델링이 수행 되고 2주가 지난 후에 수행되었다. 앞서 두 번에 걸쳐 채취된 먼지 내 프탈레이트 농도에 비해 리모델링 공사를 거쳐 근본적인 개선이 이루어진 후 채취된 먼지 내 프탈레이트 농도가 현저히 줄어들 것이라는 가정을 증명하기 위해 설계된 샘플링 전략이다.

2) 먼지 샘플링 방법

각 기관을 방문하기 일주일 전에 진공청소기 먼지를 비우지 않게 사전 양해를 구해서 충분한 양의 먼지가 수거될 수 있도록 하였다. 각 기관을 방문하여 현장에서 사용된 진공청소기 내 먼지를 채취하여 프탈레이트 함유 여부와 함량을 분석하였다.

2. 먼지 내 프탈레이트 분석 방법

먼지 중 프탈레이트 전처리 및 분석은 Bornehag et al.[2004]¹⁾ 그리고 Becker et al.[2004]²⁾를 참조하였다. 채취된 먼지는 머리카락 등의 이물질을 제거한 다음 여러 단계의 체질(2.36mm, 500 μ m, 100 μ m)을 거쳐 균질화시킨 후에 사용하였다. 체에 거른 먼지는 30mg의 무게를 잰 다음, 추출용액(Cyclohexane with Internal standard(Benzyl benzoate)) 10mL를 넣고 30분 동안 초음파 추출하였다. 추출이 끝난 후에 2000 rpm, 20분 동안 원심분리시킨 다음 상등액을 덜어내어 분석용 시료로 이용하였다. 분석용 시료는 GC/MSD(GCMS 2010 plus, Shimadzu, Japan) SIM mode로 분석하였다.

[그림 2] 먼지 중 프탈레이트 분석에 사용된 GC/MS



1) Bornehag, C.-G.; Sundell, J.; Weschler, C. J.; Sigsgaard, T.; Lundgren, B.; Hasselgren, M.; Hasselgerhed-Engman, L., The association between asthma and allergic symptoms in children and phthalates in house dust: a nested case-control study. *Environmental health perspectives* **2004**, 112 (14), 1393-1397.

2) Becker, K.; Seiwert, M.; Angerer, J.; Heger, W.; Koch, H. M.; Nagorka, R.; Ro kamp, E.; Schlüter, C.; Seifert, B.; Ullrich, D., DEHP metabolites in urine of children and DEHP in house dust. *International journal of hygiene and environmental health* **2004**, 207 (5), 409-417.

먼지 내에서 분석된 프탈레이트 종류는 환경보건법의 어린이제품 공통안전기준에서 관리하고 있는 7종을 포함해 총 9종으로써 아래 표와 같았다.

<표 5> 먼지 내 분석대상 프탈레이트 종류

연번	영문명	국문명	CAS No.
1	DMP(Dimethyl phthalate)	디메틸 프탈레이트	131-11-3
2	DEP(Dimethyl phthalate)	디에틸 프탈레이트	84-66-2
3	DiBP(Diisobutyl phthalate)	다이이소부틸 프탈레이트	84-69-5
4	DBP(Dibutyl phthalate)	다이부틸 프탈레이트	84-74-2
5	BBP(Butyl benzyl Phthalate)	부틸 벤질 프탈레이트	85-68-7
6	DEHP(Diethylhexyl phthalate)	다이에틸헥실 프탈레이트	117-81-7
7	DINP(Diisononyl phthalate)	다이이소노닐 프탈레이트	28553-12-0 또는 68515-48-0
8	DNOP(Di-n-octyl phthalate)	다이엔옥틸 프탈레이트	117-84-0
9	DIDP(Diisodecyl phthalate)	다이이소데실 프탈레이트	26761-40-0 또는 68515-49-1

3. 먼지 내 프탈레이트 분석 결과

리모델링 대상이 되었던 6개 기관에서 채취된 먼지 내 프탈레이트 농도의 분포는 아래 표와 같았다. 표에서 확인할 수 있는 것처럼 DMP, DEP, DiBP, BBP, DNOP, 그리고 DIDP 는 검출율이 각각 2.6 %, 12.8 %, 25.6 %, 0.0 %, 0.0 %, 그리고 0.0 %로써 매우 낮았다. 반면, DBP, DEHP, 그리고 DINP의 검출율은 각각 97.4 %, 100 %, 82.1 %로써 매우 높았다. 리모델링 후에 채취된 3차 먼지내의 DBP, DEHP, 그리고 DINP 농도가 그전에 채취된 먼지 내 각 성분의 농도에 비해 상대적으로 낮다는 것을 알 수 있다.

<표 6> 리모델링 대상 기관들에서 채취된 먼지 내 프탈레이트 농도 분포(mg/kg)

구분	대상 기관명	Site	Sampling	DMP	DEP	DiBP	DBP	BBP	DEHP	DNOP	DINP	DIDP
리모델링	수암어린이집	1층	1차	ND	ND	ND	93.68	ND	1,370	ND	1,322	ND
		1층	2차	ND	ND	ND	85.92	ND	1,622	ND	1,391	ND
		1층	3차	ND	ND	ND	148.49	ND	1,220	ND	1,083	ND
		2층	1차	ND	ND	ND	105.63	ND	4,600	ND	1,183	ND
		2층	3차	ND	ND	ND	56.06	ND	1,262	ND	921	ND
	아기별어린이집	1층	1차	ND	ND	ND	78.02	ND	2292	ND	797	ND
		1층	2차	ND	ND	ND	73.32	ND	728	ND	ND	ND
		1층	3차	ND	ND	ND	57.34	ND	952	ND	ND	ND
	선부어린이집	1층	1차	ND	ND	ND	71.38	ND	9,141	ND	1,137	ND
		1층	2차	ND	ND	ND	80.49	ND	8551	ND	1,106	ND
		2층	1차	ND	ND	ND	80.13	ND	9,703	ND	1,274	ND
		2층	2차	ND	15.37	ND	87.27	ND	8,096	ND	1,250	ND
		1,2층	3차	ND	ND	ND	64.40	ND	2,632	ND	924	ND
	이동어린이집	1,2층	1차	ND	ND	16.29	73.85	ND	5,112	ND	1,472	ND
		1층	2차	ND	ND	56.32	95.37	ND	3398	ND	1,058	ND
		1층	3차	ND	ND	39.73	66.50	ND	1,552	ND	951	ND
		2층	2차	ND	ND	ND	74.57	ND	6,664	ND	1,120	ND
	웃는아이 어린이집	1층	1차	ND	ND	15.31	83.83	ND	4,386	ND	772	ND
		1층	2차	ND	ND	ND	107.47	ND	6,063	ND	846	ND
		2층	1차	ND	ND	ND	82.10	ND	2,494	ND	1,541	ND
		2층	2차	ND	ND	14.64	90.26	ND	2,419	ND	1,383	ND
		2층	3차	ND	ND	26.24	82.53	ND	925	ND	1,148	ND
	은광지역아동센터	3층	1차	ND	ND	ND	142.09	ND	1,676	ND	2,404	ND
		3층	2차	ND	10.73	ND	179.81	ND	1,439	ND	1,595	ND
		3층	3차	ND	ND	ND	72.27	ND	1,096	ND	1,085	ND
제품교체	단원어린이집	1층	1차	ND	12.36	ND	87.74	ND	3,545	ND	752	ND
		2층	1차	ND	ND	ND	69.92	ND	1034	ND	816	ND
		3층	1차	23.79	30.00	33.07	82.46	ND	786	ND	ND	ND
	감골어린이집		1차	ND	ND	ND	83.01	ND	842	ND	808	ND
	예다음어린이집	1층	1차	ND	ND	ND	ND	ND	161	ND	ND	ND
	목2동어린이집		1차	ND	ND	ND	63.49	ND	1,719	ND	ND	ND
	은하수어린이집		2차	ND	ND	ND	62.70	ND	872	ND	1211	ND
	우리함께 다문화지역아동센터		1차	ND	ND	47.94	220.62	ND	752	ND	2773	ND
	경향지역아동센터		1차	ND	18.64	ND	96.00	ND	975	ND	5,509	ND
	갈현지역아동센터		1차	ND	ND	ND	80.52	ND	1,357	ND	3,022	ND
	생명강지역아동센터	2층	1차	ND	ND	123.90	87.41	ND	2,555	ND	5,126	ND
		2층	2차	ND	ND	29.87	100.04	ND	3,028	ND	3,115	ND
비교	비교(가정먼지)	-	KJ-W	ND	ND	ND	64.86	ND	500	ND	ND	ND
		-	KJ-Y	ND	ND	ND	72.56	ND	353	ND	ND	ND

4. 먼지 내 프탈레이트 분석 결과 평가

다음 그림들은 1차와 2차, 그리고 3차에 걸쳐 채취된 먼지 내 프탈레이트 농도 분포를 보여주고 있다. 앞서 기술한 바와 같이, 1차와 2차 샘플링에 의한 먼지는 리모델링이 이루어지기 전에 채취된 것이고 3차 샘플링에 의한 먼지는 리모델링 이후에 채취된 것이다.

사전조사를 통해 확인된 바에 의하면 모든 기관에 사용된 바닥재는 층과 위치가 다르더라도 동일한 소재의 바닥재가 사용되었다. 따라서 층이 다른 곳에서 채취된 진공청소기의 먼지라고 하더라도 근본적으로는 동일한 바닥재의 노출원을 갖고 있는 샘플로 간주하였다. 즉, 리모델링 전에 채취된 먼지의 경우, 기관에 따라서 다른 층에서 채취된 먼지들을 반복 측정된 샘플로 간주하였다. 반복측정된 샘플의 분석 결과는 각기 평균값을 취해 각 기관별로 하나의 1차 및 2차 시기 농도값으로 계산해 통계처리하였다.

또한 1차 시기 및 2차 시기에 측정된 먼지 내 프탈레이트 함량값을 비교해 서로 다른 수준의 농도인지를 평가했다. DBP와 DEHP의 경우 1차와 2차에 측정된 먼지 내 프탈레이트의 함량은 통계적으로 서로 차이가 없는 수준이라고 분석되었다(부호순위 검정(Wilcoxon Signed Rank Test) 결과 p-value는 각각 0.080과 0.225였다). 즉, 서로 통계적으로 차이가 없는 수준의 농도였기 때문에 이들 역시 반복 측정된 샘플로 간주하여 평균값을 적용해 리모델링 전의 먼지 내 프탈레이트 농도로 계산해 통계적 비교를 수행했다.

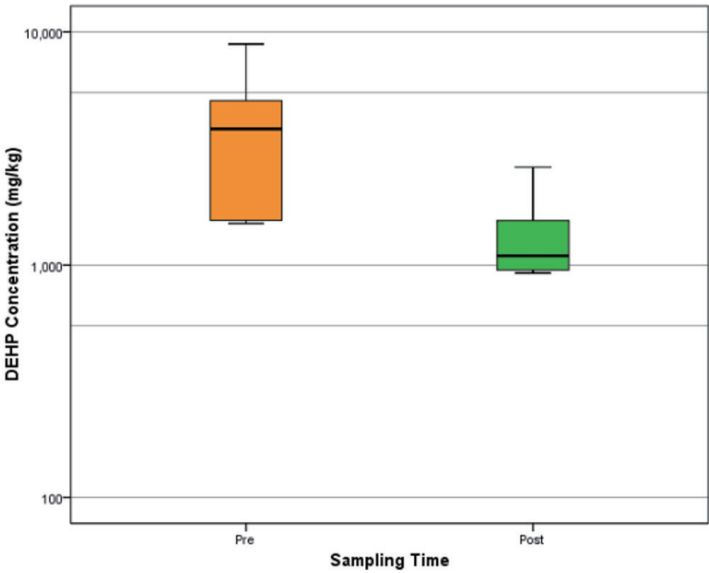
다음 표는 리모델링 전후에 걸쳐 채취된 먼지 내 프탈레이트의 함량 변화를 요약한 것이다. 검출율이 50 % 이상이었던 DBP, DEHP, 그리고 DINP의 농도에 대해서만 기술통계를 요약하였다. 리모델링 전에 채취된 먼지 내 DBP와 DEHP의 농도수준은 리모델링 후에 채취된 먼지 내 농도에 비해 통계적으로 유의한 차이를 보여주었다. 비모수 통계로써 Wilcoxon Signed Rank Test를 실시한 결과 p-value는 각각 0.043과 0.0430이었다. 리모델링을 통해서 주로 교체된 것은 바닥재로써 PVC 소재이면서 프탈레이트가 함유된 것으로 확인된 것들이었다. 과거에 사용된 바닥재에서 가장 높은 함량으로 분석된 프탈레이트 종류는 DEHP였다. DEHP가 기존 바닥재의 주요성분이었던 만큼 리모델링을 거치면서 다른 프탈레이트에 비해 현저히 줄어든 것을 알 수 있다.

<표 7> 리모델링 전후에 채된 먼지 내 프탈레이트 함량 분포(mg/kg)

프탈레이트	회차	빈도	최소값	중위수	최대값	평균	표준편차
DBP	Pre	5	76	80	161	97.40	36.00
	Post	5	57	66	83	68.40	9.76
DEHP	Pre	5	1,510	3,840	8,873	4,170.40	3039.08
	Post	5	925	1,096	2,632	1,431.40	716.72
DINP	Pre	5	437	1,192	1,999	1,208.80	554.76
	Post	5	66	924	1,148	659.80	543.68

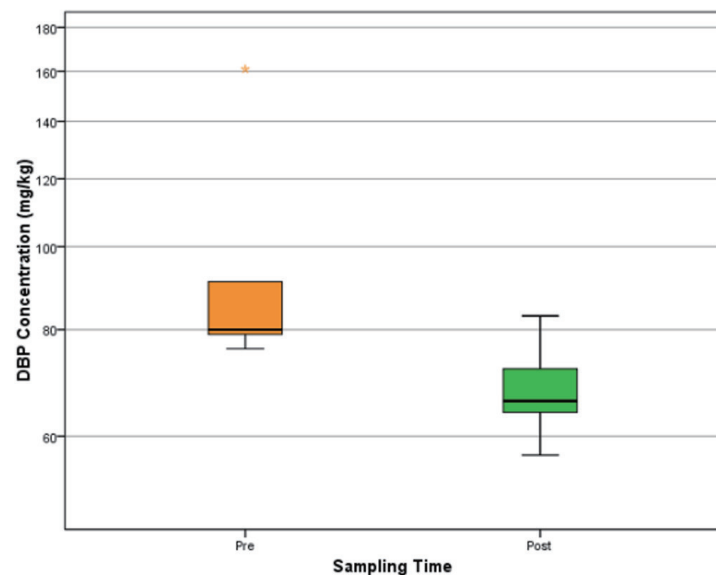
아래 그림은 먼지 내 DEHP의 농도 차이를 보여주고 있다. 분석 결과 1차 및 2차에 채취된 먼지 내 프탈레이트 농도는 3차에서 채취된 먼지 내 프탈레이트 농도에 비해 현저히 높았다. 1차 및 2차에 걸쳐 채취된 먼지 내 DEHP의 평균농도(중위값)는 3,840 mg/kg이었지만 3차에 채취된 먼지 내 DEHP의 평균농도(중위값)는 1,096 mg/kg이었다. 리모델링 전후의 먼지 내 DEHP 농도는 통계적으로 유의한 차이였다. 친환경 건축자재를 사용한 리모델링을 통해 먼지 내 DEHP 함량이 71.5 % 수준까지 감소된 것을 확인할 수 있었다.

[그림 3] 먼지 채취 시기별 먼지 내 DEHP 농도의 변화



1차 및 2차에 걸쳐 채취된 먼지 내 DBP의 평균농도(중위값)는 80 mg/kg이었지만 3차에 채취된 먼지 내 DBP의 평균농도(중위값)는 66 mg/kg이었다. 리모델링 전후의 먼지 내 DBP 농도는 통계적으로 유의한 차 이였으나 DEHP에서처럼 많은 양이 줄어들지는 않았다(17.5 % 감소)

[그림 4] 먼지 채취 시기별 먼지 내 DBP 농도의 변화



Ⅲ. 어린이 소변 내 프탈레이트 농도 저감 평가

1. 어린이 소변 채취 방법

1) 소변 샘플링 전략

친환경 소재의 바닥재를 이용한 리모델링으로 어린이 보육 환경을 근본적으로 개선한 효과를 검증하기 위해 해당 어린이 보육시설에 다니는 어린이들을 대상으로 소변을 채취하여 소변 내 환경호르몬의 농도 수준을 비교하였다. 우측 그림은 이를 검증하기 위한 소변 샘플링 전략을 도식화한 것이다.

리모델링 전 상황에서 어린이들의 소변을 채취할 당시 어린이집 환경이 반영될 수 있는 주중(수요일과 목요일)의 아침에 등원한 어린이들의 첫소변을 받도록 하였다. 이들간의 첫소변을 합쳐서 하나의 소변 샘플을(composite sample) 채취하였다. 하루 사이의 농도 변이를 고려해서 이틀에 걸친 소변을 하나로 합쳐서 뇨 중 환경호르몬 농도 수준을 평가하고자 하였다.

리모델링 후 상황에서 어린이들의 소변을 채취하는 과정에서는 동일하게 어린이집 환경이 반영될 수 있는 주중(수요일과 목요일)의 첫소변을 각각 채취하도록 하였다. 이 경우에는 하루 사이의 변이가 실제로 발생하는지를 평가하기 위해 수요일의 소변과 목요일의 소변을 각각 채취하도록 하였다. 이틀에 걸쳐 각각 채취된 소변에서의 환경호르몬 농도를 비교함으로써 일간 변이가 발생하는지를 평가하고자 하였다.

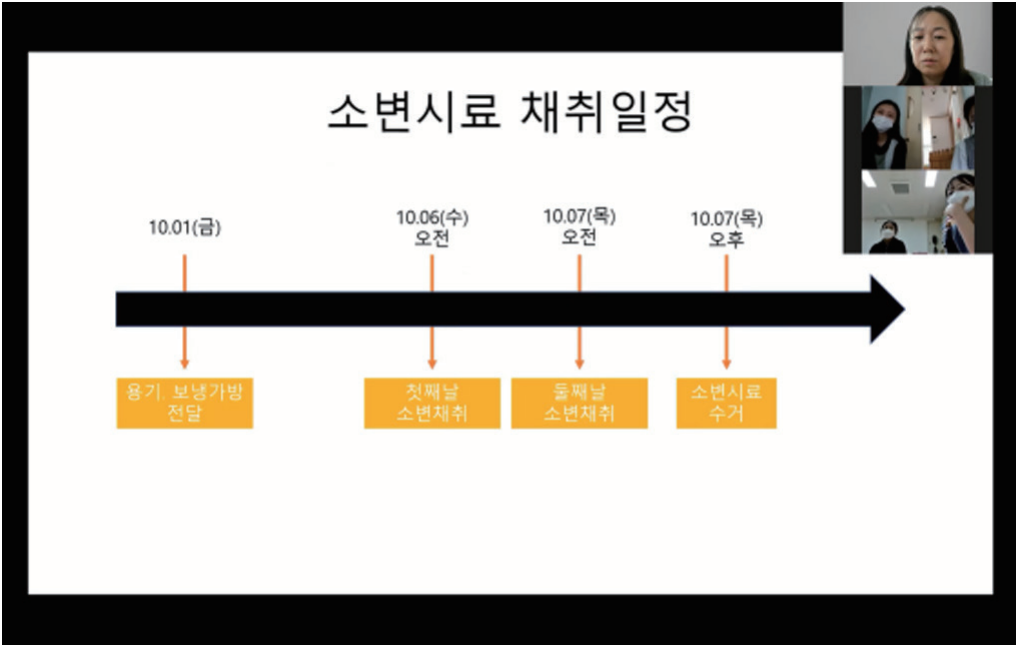
[그림 5] 어린이 소변 샘플링 전략 개요



2) 소변 샘플링 방법

소변 채취과정은 어린이집 선생님들의 도움을 받았다. 사전에 줌(ZOOM)회의를 통해 어린이집 선생님들 에게 소변채취 과정에 대해 자세한 설명을 해 드렸다. 그리고 주의해야 할 사항들을 강조해서 실수나 오 류가 일어나지 않도록 했다. 아래 그림은 줌회의(ZOOM)를 통한 사전 설명회 모습을 캡처한 것이다.

[그림 6] 줌(ZOOM)회의를 통한 소변채취 사전 설명회 모습



지역아동센터의 경우, 초등학생들 이상이 다니고 있었기 때문에 개인별로 12시간의 소변을 스스로 채취 하도록 하였다. 소변 채취를 위해 지역아동센터에서 소변채취 키트를 받고 집으로 귀가한 후부터의 소 변과 다음날 오전까지의 소변을 받도록 하였다. 집에서 소변을 채취하는 동안은 집안의 냉장고를 이용해 소변 샘플의 냉장상태를 유지하도록 했고 지역아동센터에 소변을 가져올 때는 보냉가방을 이용해서 계 속해서 냉장보관 상태가 유지되도록 하였다.

다음 그림은 소변 채취 과정을 설명하는 동영상 자료의 일부를 캡처한 것이다. 지역아동센터를 다니는 어 린이와 학부모들에게 소변채취 과정을 자세히 설명하고 주의할 점을 강조하기 위해 동영상 자료를 만들 어 배부했다.

[그림 7] 소변 채취 설명 동영상의 일부 캡처 장면



2. 소변 내 프탈레이트 분석 방법

소변 내 프탈레이트 대사체 분석은 Giovanna Tranfo et al (2012)³⁾, Laboratory Procedure Manual (2013)⁴⁾ 을 참조하였다. 냉동보관 중이던 소변 시료는 상온에서 녹인 후에 0.1 mL를 취한 다음, 내부표준시약, β -글루 쿠론산분해효소(β -glucuronidase in 1 M Ammonium Acetate buffer solution)를 순서대로 주입했다. 용액 을 혼합시킨 다음 37°C에서 2시간 동안 가수분해시켰다. 가수분해가 끝난 후에 0.1 M 포름산 수용액을 주입 한 후에, 증류수를 이용하여 최종 시료량을 1 mL로 맞추어 분석용 시료로 이용하였다. 시료는 On-Line SPE system01 장착된 LC/MS/MS(LC-30AD/LC-MS 8050, Shimadzu, Japan)로 분석하였다.

3) Tranfo, Giovanna, et al. Urinary phthalate monoesters concentration in couples with infertility problems. Toxicology letters. 2012; 213.1: 15-20.
4) The Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Laboratory Procedure Manual. 2013.

[그림 8] 소변 중 프탈레이트 대사체 분석에 사용된 LC/MS/MS



어린이 소변 내에서 분석된 프탈레이트의 대사산물 종류는 아래 표와 같았다. 8종의 프탈레이트에 대한 11종의 대사산물을 분석하였다.

<표 8> 소변 중 분석 대상 프탈레이트 대사산물 종류

프탈레이트		대사산물
DMP(Dimethyl phthalate)	디메틸 프탈레이트	MMP(mono-methyl phthalate)
DEP(Diethyl phthalate)	디에틸 프탈레이트	MEP(Mono-ethyl phthalate)
BBP(Butyl benzyl Phthalate)	부틸벤질 프탈레이트	MBzP(Monobenzyl phthalate)
DIBP(Diisobutyl phthalate)	다이어이소부틸 프탈레이트	MiBP(mono(iso-butyl)phthalate)
DBP(Dibutyl phthalate)	다이부틸 프탈레이트	MnBP(mono(n-butyl)phthalate)
DEHP(Diethylhexyl phthalate)	다이에틸헥실 프탈레이트	5-OH-MEHP(mono(2-ethyl-5-hydroxyhexyl) phthalate)
		5-oxo-MEHP(mono(2-ethyl5-oxohexyl)
		5cx-MEHP(mono(2-ethyl-5-carboxypentyl)phthalate)
		MEHP(mono(2-ethylhexyl) phthalate)
DNOP(Di-n-octyl phthalate)	다이에노옥틸 프탈레이트	MCPP(Mono (3-carboxypropyl) phthalate)
DINP(Diisononyl phthalate)	다이어이소데실 프탈레이트	MINP(mono-iso-nonylphthalate)

3. 소변 내 프탈레이트 분석 결과

1) 분석 결과 개요

본 사업에서는 어린이들의 소변 내에서 환경부의 환경보건법에 따른 어린이안전공통기준에서 관리하고 있는 7종의 프탈레이트 대사산물 총 11종을 분석했다. 아래 표는 전체 분석 결과의 기술통계를 보여주고 있다.

(1) 소변 채취 실적

아래 표는 친환경 리모델링으로 인하 체내 환경호르몬 농도 저감 효과를 확인하기 위해 채취된 어린이들의 소변 실적을 정리한 것이다. 어린이집의 경우 먼지의 영향을 많이 받을 수 있는 영유아가 주로 대상이 되었고 지역아동센터의 경우 센터 성격상 초등학교 이상의 학생이 다닐 수 있는 곳이었으므로 초등학교생이 대상이 되었다. 리모델링 전후에 걸쳐 총 190건의 영유아 및 어린이들의 소변이 채취되었다.

<표 9> 어린이 소변 채취 실적

대상기관	리모델링 전	리모델링 후 1차	리모델링 후 2차	합계
선부어린이집	10	10	8	28
남아	8	8	7	23
여아	2	2	1	5
수암어린이집	18	16	13	47
남아	10	10	10	30
여아	8	6	3	17
아기별어린이집	13	13	10	36
남아	6	6	5	17
여아	7	7	5	19
웃는아이어린이집	10	10	10	30
남아	6	6	6	18
여아	4	4	4	12
은광지역아동센터	10	9	0	19
남아	5	5	0	10
여아	5	4	0	9
이동어린이집	10	10	10	30
남아	5	5	5	15
여아	5	5	5	15
총합계	71	68	51	190

(2) 소변 내 프탈레이트 분석 결과

가. 프탈레이트 분석 결과 개요

리모델링이 진행된 6개 기관에 다니는 영유아 및 어린이들의 소변을 채취해서 프탈레이트 농도를 분석하였다. 6개 기관 중에서 수암어린이집의 경우, 바닥재 공사 면적이 전체 공사 대비 매우 적었고 해당 공간에 머물렀던 유아들의 소변 채취가 이루어지지 않아(부모들의 동의를 얻지 못함) 프탈레이트 대사산물 농도 분포 분석에서는 제외하였다. 다만, 전체 결과표에는 다른 어린이들의 소변 분석 결과와 함께 수록해 두었다.

앞서, 소변 채취 전략에서 설명한 바와 같이, 어린이집을 다니는 영유아들의 경우는 어린이집 선생님들의 도움을 받아 소변 채취가 이루어졌다. 리모델링이 진행되기 전에 채취된 소변은 연이틀에 걸쳐 매일 아침에 채취된 소변을 합쳐서 하나의 샘플(composite sample)로 만들었다. 반면, 리모델링이 진행된 후에 채취된 소변은 연이틀의 아침에 채취된 소변을 각각 하나의 소변 샘플로써 분석했다. 리모델링 후 시기에 코로나 19의 급속한 재확산으로 인해 등원하지 못하는 어린이들이 많을 것으로 예상되었기 때문에 부득이 각각의 아침마다 채취된 샘플을 별도의 샘플로 취급했다.

지역아동센터에 다니는 어린이들의 경우 초등학교를 다니고 있는 연령대였기 때문에 스스로 소변을 채취할 수 있는 상황이었다. 따라서 이들의 경우는 리모델링 전과 같이 스스로 12시간의 소변을 채취해서 제출하도록 했기 때문에 어린이집을 다니는 영유아들의 소변 샘플 채취와는 상황이 달랐다.

일부 샘플 분석 결과 중에서 95 percentile 수준보다 현저히 높게 분석된 사례가 있었다. 각 sampling time별 측정물질의 값이 95분위수x5보다 크면 이상치(outlier)로 취급하고 결측치로 취급하였다. 기초통계 결과는 각 sampling time에서 검출률 50%이상인 자료만 제시함.

리모델링 전의 소변(composite sample) 분석 결과와 비교해보기 위해 리모델링 후에 채취된 연이은 이를 동안의 소변 농도는 평균한 값을 이용했다. 이를 위해 사전에 리모델링 후에 채취된 두 건의 소변 내 프탈레이트 대사산물의 농도분포에 대해 급내상관계수 (Intraclass Correlation Coefficient: ICC) 분석을 실시했다. ICC 분석을 통해 뇨중 프탈레이트 농도 분포에 차이가 있는지를 확인했다.

이상의 조건을 만족하고 전후 비교가 가능한 52건의 샘플의 분석 결과를 확보할 수 있었다.

아래 표는 어린이들의 소변 중 프탈레이트 대사산물 11종과 DEHP 대사산물의 총합(Σ (DEHP metabolites))에 대한 농도 분포를 요약한 것이다. MMP, MCPP, 그리고 MINP의 경우 다른 대사산물들과 달리 측정 회차에 따라 검출률이 50 %가 되지 않았다. 특히, MINP는 전혀 검출되지 않았다. 이들은 검출률이 낮아 농도 분포 분석에서 제외하고 Range와 Percentile만 제시하였다.

반대로 MEHHP, MEOHP, 그리고 MECPP와 같은 DEHP의 대사산물들은 다른 대사산물들에 비해 좀 더 높은 농도 수준으로 검출되었다. 또한 DiBP의 대사산물인 MiBP와 DBP의 대사산물인 MnBP의 농도 역시 다른 대사산물들에 비해 높은 수준으로 분석되었다. 그만큼 이런 물질들에 노출되는 양이 많다는 것을 알 수 있다.

<표 10> 소변 내 프탈레이트 대사산물의 농도분포($\mu\text{g/g Creat.}$)

Metabolite	Sampling Time	N	N.ND	DR	AM	SD	GM	GSD	Min	Median	75th Percentile	95th Percentile	Max
MMP	Pre	53	25	52.8%	4.90	6.44	1.05	8.66	0.06	3.39	7.18	18.06	27.60
	Post_1	52	28	46.2%	-	-	-	-	0.06	0.61	6.98	12.36	25.81
	Post_2	38	22	42.1%	-	-	-	-	0.06	0.20	7.66	22.24	27.30
	Post_Mean	52	21	59.6%	-	-	-	-	0.06	3.22	6.32	13.96	20.71
MEP	Pre	53	0	100.0%	8.12	15.75	5.36	2.05	1.66	5.47	7.00	15.50	117.12
	Post_1	52	0	100.0%	5.54	3.99	4.59	1.80	1.17	4.21	6.67	12.44	22.81
	Post_2	38	0	100.0%	5.39	4.94	4.27	1.87	1.65	4.18	6.15	12.77	28.97
	Post_Mean	52	0	100.0%	5.31	3.82	4.46	1.74	1.50	3.98	6.51	12.76	22.85
MiBP	Pre	53	0	100.0%	40.67	70.61	24.19	2.42	5.34	19.67	48.79	71.75	476.32
	Post_1	52	2	96.2%	74.26	172.87	24.28	3.70	1.67	19.02	47.82	296.65	1061.88
	Post_2	38	0	100.0%	34.89	35.50	22.97	2.51	2.77	24.22	37.55	116.20	147.54
	Post_Mean	52	1	98.1%	62.75	154.26	24.29	3.31	2.22	22.50	45.07	189.75	1061.88
MnBP	Pre	53	0	100.0%	49.36	62.86	39.26	1.71	15.99	34.86	48.33	104.14	473.04
	Post_1	52	0	100.0%	36.04	20.18	31.26	1.71	9.53	31.22	46.86	81.03	92.07
	Post_2	38	0	100.0%	30.74	14.45	27.46	1.62	10.58	27.25	39.02	55.07	65.42
	Post_Mean	52	0	100.0%	33.82	16.26	30.36	1.59	11.70	29.78	42.29	68.22	82.30
MBzP	Pre	53	0	100.0%	3.14	3.01	2.32	2.08	0.67	2.10	4.07	9.11	16.12
	Post_1	52	0	100.0%	2.36	2.89	1.69	2.09	0.44	1.52	2.79	5.99	19.82
	Post_2	38	0	100.0%	2.07	1.47	1.68	1.89	0.49	1.63	2.43	5.22	7.03
	Post_Mean	52	0	100.0%	2.44	2.84	1.79	2.04	0.56	1.55	2.83	5.40	19.82

Metabolite	Sampling Time	N	N.ND	DR	AM	SD	GM	GSD	Min	Median	75th Percentile	95th Percentile	Max
MEHP	Pre	53	0	100.0%	8.57	7.79	7.05	1.76	2.72	7.04	9.73	18.14	56.46
	Post_1	52	0	100.0%	6.34	8.75	4.49	2.09	1.24	4.41	6.76	15.19	62.82
	Post_2	37	0	100.0%	5.98	6.13	4.36	2.09	0.87	3.97	6.02	20.85	26.99
	Post_Mean	52	0	100.0%	6.14	6.67	4.65	1.96	1.07	4.40	6.63	15.74	44.91
MEHHP	Pre	53	0	100.0%	38.89	26.44	32.89	1.75	9.99	28.63	46.56	76.17	149.31
	Post_1	51	0	100.0%	28.05	22.93	22.75	1.83	8.03	21.52	30.88	65.13	132.63
	Post_2	37	0	100.0%	28.69	19.19	23.84	1.81	6.23	21.13	35.75	65.66	85.74
	Post_Mean	52	0	100.0%	28.11	18.41	23.86	1.73	8.25	23.51	31.13	66.01	98.09
MEOHP	Pre	53	0	100.0%	24.33	15.18	20.90	1.71	7.06	19.93	29.76	52.48	90.30
	Post_1	51	0	100.0%	18.88	14.99	15.36	1.84	5.36	15.25	22.22	41.14	91.75
	Post_2	37	0	100.0%	20.15	14.17	15.81	2.16	0.77	14.35	24.56	47.82	65.79
	Post_Mean	52	0	100.0%	19.32	12.60	16.27	1.79	3.23	16.37	22.18	45.90	70.44
MECPP	Pre	53	0	100.0%	53.97	33.69	46.51	1.70	13.95	43.06	67.23	107.79	208.11
	Post_1	51	0	100.0%	38.73	32.96	31.05	1.87	10.80	29.62	45.48	95.30	211.20
	Post_2	37	0	100.0%	40.70	30.33	31.15	2.30	0.95	28.79	49.91	112.68	133.60
	Post_Mean	52	0	100.0%	39.46	28.54	32.46	1.84	6.68	29.78	47.07	92.76	164.35
MCP	Pre	53	4	92.5%	2.29	1.65	1.81	2.21	0.14	1.99	2.47	4.58	11.16
	Post_1	52	25	51.9%	1.47	2.44	0.67	3.44	0.11	0.84	1.68	4.48	12.73
	Post_2	38	22	42.1%	1.02	0.90	0.65	2.76	0.10	0.72	1.53	2.84	3.34
	Post_Mean	52	20	61.5%	1.35	1.94	0.80	2.71	0.12	0.89	1.53	3.54	12.73
MINP	Pre	53	53	0.0%	-	-	-	-	0.07	0.12	0.18	0.29	0.84
	Post_1	52	52	0.0%	-	-	-	-	0.05	0.12	0.17	0.53	1.47
	Post_2	38	38	0.0%	-	-	-	-	0.06	0.13	0.24	0.65	1.01
	Post_Mean	52	52	0.0%	-	-	-	-	0.05	0.12	0.19	0.61	1.47
ΣDEHP-m	Pre	53	0	100.0%	125.74	79.74	108.53	1.69	37.44	99.85	154.81	248.38	484.24
	Post_1	51	0	100.0%	91.91	77.94	74.30	1.84	27.49	75.34	102.51	210.48	498.39
	Post_2	37	0	100.0%	95.52	66.98	77.79	1.89	16.94	70.65	122.26	228.75	304.47
	Post_Mean	52	0	100.0%	92.97	64.09	78.06	1.77	22.22	75.85	102.54	218.24	377.78

- 각 sampling time별 측정물질의 값이 95분위수x5보다 크면 이상치(outlier)로 취급하고 결측치로 취급하였음.
- 기초통계 결과는 각 sampling time에서 검출률 50%이상인 자료만 제시함.
- N.ND: number of not detected, DR: detection rate, AM: arithmetic mean, SD: Standard deviation, GM: geometric mean, GSD: geometric standard deviation, Min: minimum, Max: maximum, DEHP-m: DEHP metabolites

나. 리모델링 후 채취 소변의 급내상관계수 분석

급내상관계수 (Intraclass Correlation Coefficient: ICC)는 반복성과 재현성을 평가하는데 매우 흔하게 사용되는 지표로써 0 부터 1까지의 값을 갖게 되는데 1에 가까울수록 완벽하게 일치한다는 것을 나타낸다.⁵⁾ 아래 표는 리모델링 후 양일간에 걸쳐 연속으로 채취된 두 차례의 소변에 대해 ICC 분석을 실시한 결과를 정리한 것이다. 표에서 확인할 수 있는 것처럼 양일간에 연속으로 채취된 소변 내 DEHP의 모든 대사산물의 농도는 높은 ICC값을 갖고 있었다. 즉, 두 소변 내에서 발견된 DEHP 대사산물의 농도에서 개인간 변동에 의해 야기된 차이가 적다는 것을 알 수 있었다. DEHP 대사산물 이외에도 리모델링 후에 두 번에 걸쳐 채취된 뇨중 대사산물들의 농도가 모든 경우에서 통계적 차이가 없었다.

따라서 본 연구에서는 리모델링 후 이틀에 걸쳐 채취된 소변에서의 프탈레이트 대사산물 농도에 변동이 없다는 것을 확인하고 리모델링 후 두 번에 걸쳐 채취된 소변 내 대사산물 농도를 평균하였다. 그리고 이를 리모델링 후 소변 내 대사산물 농도의 대푯값으로 사용하였다.

<표 11> 리모델링 후 소변 내 프탈레이트 대사산물 농도의 ICC 분석 결과

DEHP Metabolites	ICC*	Estimate**	SE	p-value
MEP	0.73	0.88	1.07	0.086
MiBP	0.76	0.88	1.14	0.322
MnBP	0.61	0.88	1.07	0.069
MBzP	0.80	1.08	1.08	0.300
MEHP	0.73	1.02	1.09	0.841
MEHHP	0.62	1.03	1.09	0.756
MEOHP	0.55	1.02	1.11	0.871
MECPP	0.61	0.98	1.11	0.844
Σ [DEHP metabolites]	0.67	1.03	1.09	0.718

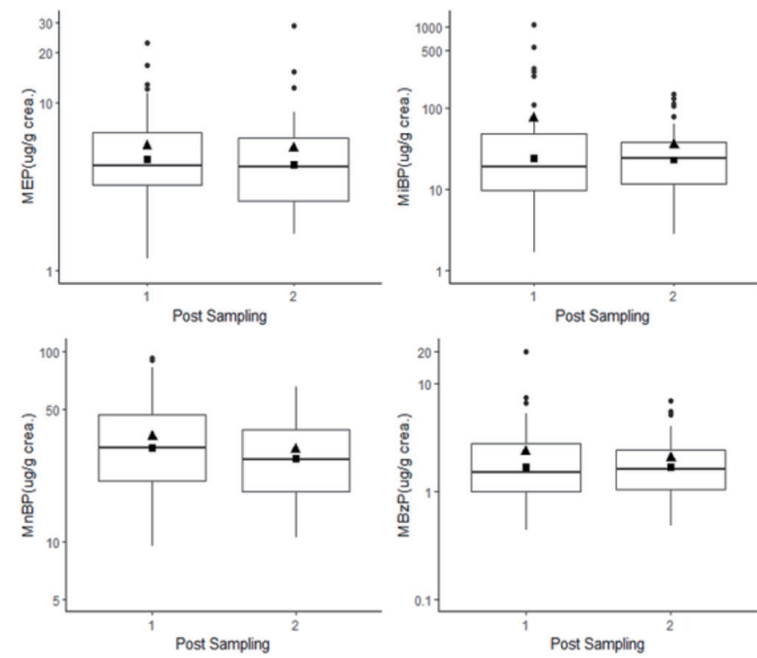
* Intraclass Correlation Coefficient: 급내상관계수

** ratio of GM[post1]/GM[post2]

5) 공경애, 검사법 평가: 검사법 비교와 신뢰도 평가. *Ewha Med J* **2017**, 40 (1), 9-16.

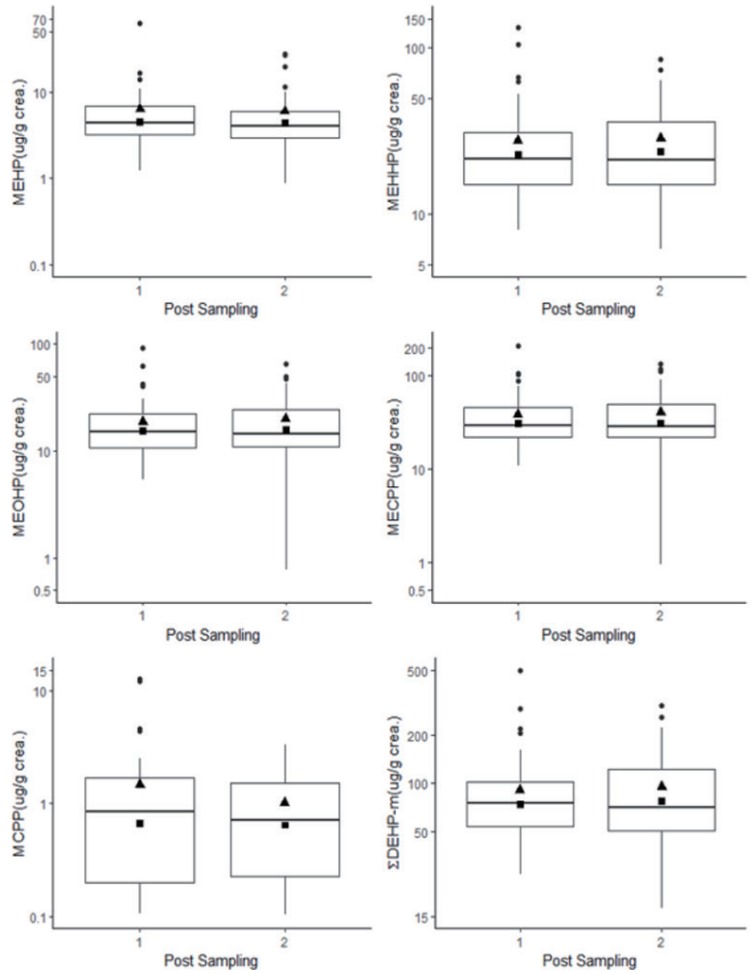
아래 그림은 DEHP 대사산물 이외 물질들의 리모델링 후 두 차례에 걸쳐 채취된 소변 내 농도 분포를 보여 주고 있다. 그림에서 알 수 있듯이, 모든 물질들에 있어 각각의 소변 샘플 내에서의 농도 분포가 차이가 없음을 알 수 있다.

[그림 9] 리모델링 후 연속으로 채취된 소변 내에서의 프탈레이트 대사산물들의 농도 분포
(DEHP 대사산물 이외의 물질들)



다음 그림은 리모델링 후 연속으로 채취된 소변 내에서의 DEHP 대사산물들의 농도분포를 보여주고 있다. 다른 프탈레이트 대사산물들의 경우에서와 마찬가지로, 이들 역시 각 소변 내에서의 농도분포에 차이가 없음을 알 수 있다. 따라서 이후 분석에서는 리모델링 전 채취된 소변에서의 프탈레이트 농도 수준과 비교하기 위해 리모델링 후 연속으로 채취된 소변에서의 프탈레이트 농도의 평균값을 이용하였다.

[그림 10] 리모델링 후 연속으로 채취된 소변 내에서의 프탈레이트 대사산물들의 농도 분포
(DEHP 대사산물들)



다. 리모델링 전후 채취 소변의 프탈레이트 대사산물 농도 차이 분석

리모델링 전후에 채취된 소변에서의 프탈레이트 대사산물 농도 차이를 통계적으로 분석한 결과는 아래 표와 같았다. MEP와 MiBP의 경우는 리모델링 전후에 농도 차이가 발견되지 않았다. 반면, DBP의 대사산물인 MnBP, BBP의 대사산물인 MBzP, 그리고 DEHP의 모든 대사산물들의 뇨중 농도는 리모델링을 전후로 통계적으로 유의하게 변화했다.

<표 12> 리모델링 전/후 소변 내 프탈레이트 대사산물 농도의 ICC 분석 결과

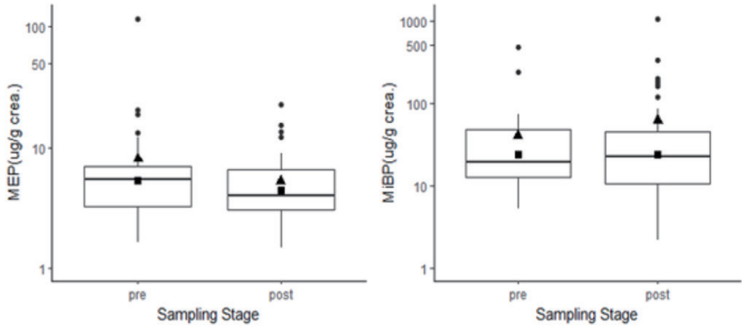
DEHP Metabolites	ICC*	Estimate**	SE	p-value
MEP	0.23	1.20	1.12	0.103
MiBP	0.68	0.99	1.12	0.954
MnBP	0.49	1.29	1.07	0.001
MBzP	0.70	1.29	1.08	0.002
MEHP	0.67	1.52	1.07	0.000
MEHHP	0.68	1.38	1.06	0.000
MEOHP	0.64	1.29	1.07	0.000
MECPP	0.67	1.43	1.07	0.000
sum.DEHP	0.68	1.39	1.06	0.000

* Intraclass Correlation Coefficient: 급내상관계수

** ratio of GM[post1]/GM[post2]

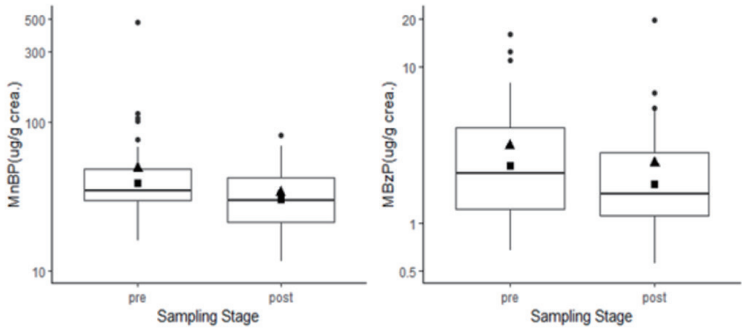
다음 그림은 리모델링 전후 뇨중 MEP와 MiBP의 농도 차이를 보여주고 있다. 앞서 통계분석 결과에서 확인한 바와 같이 두 프탈레이트 대사산물의 뇨중 농도에는 차이가 없다는 것을 볼 수 있다.

[그림 11] 리모델링 전/후 채취된 소변 내에서의 MEP와 MiBP의 농도



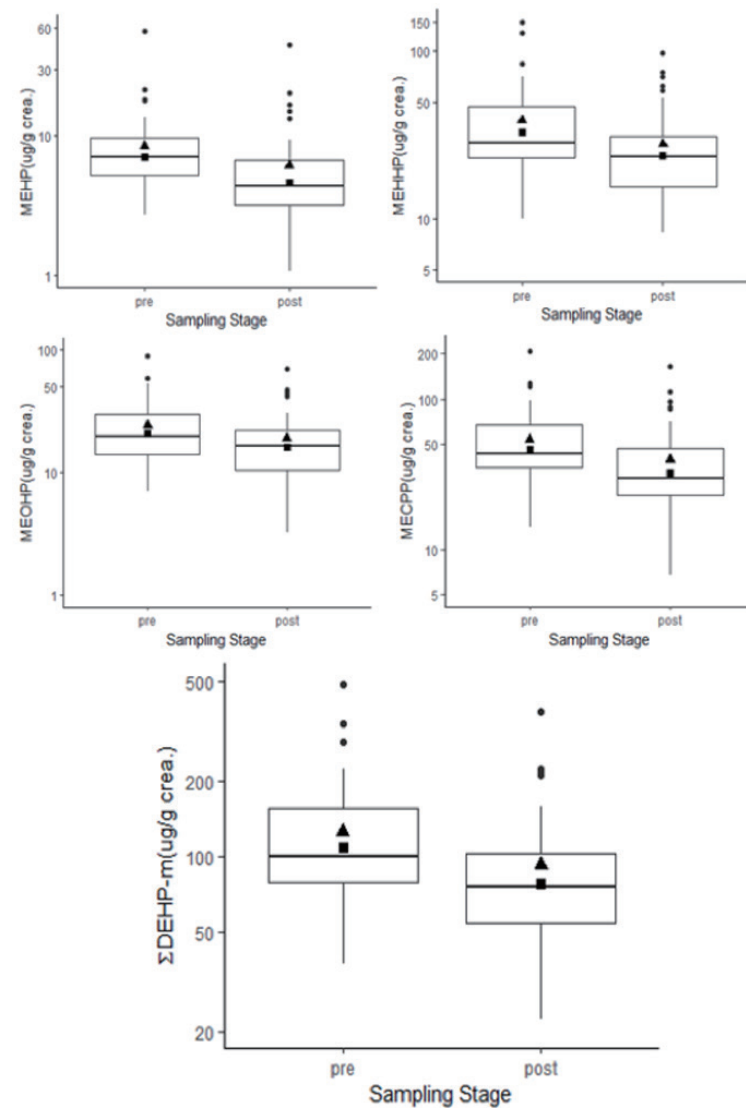
반면 리모델링 전후에 채취된 소변에서의 MnBP와 MBzP의 농도는 통계적으로 유의한 차이가 있다는 것을 알 수 있다. 리모델링을 거치면서 두 가지 프탈레이트 대사산물의 농도가 줄어든 것을 볼 수 있다.

[그림 12] 리모델링 전/후 채취된 소변 내에서의 MnBP와 MBzP의 농도



리모델링을 통해 교체된 바닥재의 주성분이었던 DEHP의 대사산물들 농도 역시 통계적으로 유의한 수준에서 줄어들었다는 것을 아래 그림을 통해 확인할 수 있다. 아래 그림에서 볼 수 있듯이 개별 DEHP 대사산물들뿐만 아니라 대사산물들을 모두 합친 Σ[DEHP metabolites] 역시 뇨중에서 뚜렷하게 줄어든 것을 볼 수 있다.

[그림 13] 리모델링 후 연속으로 채취된 소변 내에서의 DEHP 대사산물들의 농도



2) 소변 내 프탈레이트 농도에 영향을 미치는 요인 분석

리모델링을 통해 교체된 이전 바닥재에 함유된 프탈레이트 중에서 주로 분석된 것은 DEHP였다. 따라서 소변 내 프탈레이트 농도에 영향을 미치는 요인 분석에서는 DEHP의 대사산물들, 즉, MEHP, MEHHP, MEOHP, MECPP, 그리고 이상의 대사산물들의 농도를 모두 합친 Σ (DEHP) 등을 자세히 분석해 보았다. 또한 리모델링 전후에 걸쳐 뇨중 농도의 변화가 통계적으로 유의하게 확인되었던 프탈레이트 대사산물인 MnBP와 MBzP에 영향을 미치는 요인들에 대해서도 통계적인 분석을 수행했다.

(1) DEHP의 대사산물 MEHP

가. MEHP 농도에 영향을 미치는 단변량 분석

다음 표는 DEHP의 대사산물 중에서 MEHP의 농도분포를 그것에 영향을 줄 수 있는 요인에 따라 분류한 것이다. 즉, 기관에 따른 차이, 성별에 따른 차이, 연령대에 따른 차이[초등학생 미만과 초등학생], 체질량 지수(Body Mass Index; BMI)에 따른 차이, 가정의 바닥재 종류에 따른 차이, 가정의 벽지 종류에 따른 차이, 손씻기 회수에 따른 차이, 청소 여부 및 물걸레 청소에 따른 차이, 일회용기 및 전자렌지를 사용한 음식의 섭취에 따른 차이, 육류와 가공육 그리고 유제품 섭취에 따른 차이, 장류와 찌개류의 섭취에 따른 차이, 그리고 외식의 여부에 따른 차이 등을 고려하였다.

이상과 같이 DEHP의 대사산물인 MEHP의 농도에 영향을 미칠 수 있는 요인들에 대해서 단변량 분석을 한 결과 대부분의 요인들은 MEHP의 농도 변화에 영향을 미치지 않았다. 다만, 전자렌지를 사용해서 일회용 식품포장재에 포장된 음식(냉면, 떡볶이, 배달음식 등)을 섭취한 경우와 외식을 하는지의 여부가 MEHP의 농도에 영향을 미치고 있는 것으로 확인됐다. 그러나 예상과는 달리 전자렌지를 이용한 포장음식을 섭취하지 않거나 외식을 하지 않은 그룹이 그렇지 않은 그룹에 비해서 MEHP의 농도가 더욱 높게 나타났다. 기존의 연구에 의하면 일회용 식품포장재에 포장된 음식을 섭취하는 것이 DEHP의 주요 노출소스라고 확인되고 있다. 예를 들어, Rudel 등은 [2011]⁶⁾ 그들의 연구에서 미국인들의 DEHP 주요 노출 소스는 음식포장재라고 확인했다. 설문분석 결과 자체만으로는 기존 문헌과 다른 결과를 해석할 수는 없었다.

6) Rudel, R. A.; Gray, J. M.; Engel, C. L.; Rawsthorne, T. W.; Dodson, R. E.; Ackerman, J. M.; Rizzo, J.; Nudelman, J. L.; Brody, J. G., Food packaging and bisphenol A and bis (2-ethyhexyl) phthalate exposure: findings from a dietary intervention. *Environmental health perspectives* 2011, 119 (7), 914-920.

<표 13> 소변 내 MEHP 농도에 영향을 미치는 요인 분석

Variable	level	Pre				Post			
		n	GM	GSD	p-value	n	GM	GSD	p-value
기관	선부어린이집	10	6.11	1.81	0.762	10	4.23	2.35	0.842
	아기별어린이집	13	6.48	1.75		13	4.91	1.76	
	웃는아이어린이집	10	6.54	1.73		10	3.73	1.90	
	은광지역아동센터	9	7.87	1.33		9	5.07	1.39	
	이동어린이집	10	8.97	2.20		10	5.50	2.50	
성별	1[남아]	30	7.38	1.67	0.527	30	4.37	1.91	0.440
	2[여아]	22	6.66	1.93		22	5.07	2.06	
연령대	<8yrs	43	6.91	1.86	0.541	43	4.57	2.08	0.681
	8yrs+	9	7.87	1.33		9	5.07	1.39	
BMI	과체중	3	7.47	1.45	0.618	3	2.80	1.55	0.517
	비만	9	7.56	1.73		9	4.16	2.22	
	저체중	3	4.59	1.69		3	4.47	1.60	
	정상	37	7.17	1.83		37	5.00	1.97	
BMI(2단계)	과체중/비만	12	7.54	1.64	0.663	12	3.77	2.07	0.224
	저체중/정상	40	6.93	1.83		40	4.95	1.94	
가정.바닥재	1[PVC 장판]	27	7.03	1.71	0.547	27	5.08	1.83	0.153
	2[데코타일PVC]	1	3.09	NA		1	1.07	NA	
	3[원목마루]	22	7.38	1.89		22	4.52	2.10	
	4[타일]	2	7.02	1.46		2	4.07	1.16	
가정.바닥재2	PVC	28	6.83	1.73	0.649	28	4.81	1.94	0.712
	non-PVC	24	7.35	1.85		24	4.48	2.04	
가정.벽지	1[실크벽지]	13	7.32	1.64	0.966	13	4.04	1.60	0.862
	2[종이벽지]	33	7.01	1.90		33	4.91	2.16	
	4[친환경벽지]	5	7.15	1.54		5	4.72	1.85	
	5[페인트]	1	5.37	NA		1	4.51	NA	
가정.벽지2	PVC	13	7.32	1.64	0.803	13	4.04	1.60	0.391
	non-PVC	39	6.98	1.83		39	4.88	2.09	
손씻기	<=5	32	7.48	1.65	0.375	31	4.94	1.81	0.449
	>5	20	6.45	1.98		21	4.26	2.22	
청소	1[진공청소기]	17	6.68	1.56	0.942	20	4.18	1.61	0.813
	2[물걸레질]	4	8.13	1.32		5	5.40	3.50	
	3[1+2]	26	7.16	1.95		20	4.77	2.15	
	4[청소안함]	5	7.14	2.13		7	5.27	1.61	
물걸레청소	no	22	6.78	1.66	0.667	27	4.44	1.61	0.614
	yes	30	7.28	1.87		25	4.89	2.35	

Variable	level	Pre				Post			
		n	GM	GSD	p-value	n	GM	GSD	p-value
일회용기 전자렌지사용	no	38	7.78	1.83	0.043	40	4.79	2.08	0.574
	yes	14	5.45	1.49		12	4.22	1.59	
일회용기 전자렌지미사용	no	40	7.21	1.80	0.640	45	4.70	2.00	0.796
	yes	12	6.59	1.74		7	4.37	1.84	
일회용기	no	27	8.06	1.91	0.087	33	4.88	2.15	0.499
	yes	25	6.13	1.59		19	4.27	1.65	
가공육	no	15	7.62	2.16	0.553	32	4.42	2.20	0.508
	yes	37	6.85	1.62		20	5.04	1.58	
육류	no	8	8.83	2.31	0.237	7	3.04	1.83	0.075
	yes	44	6.78	1.68		45	4.97	1.96	
유제품	no	5	6.29	1.60	0.639	5	7.25	1.56	0.125
	yes	47	7.15	1.80		47	4.44	1.99	
찌개류	no	33	6.88	1.72	0.661	39	4.54	2.02	0.650
	yes	19	7.40	1.90		13	5.01	1.86	
장류	no	36	7.33	1.86	0.494	42	4.59	2.00	0.781
	yes	16	6.50	1.61		10	4.91	1.92	
외식	no	35	7.90	1.82	0.043	42	4.82	2.06	0.443
	yes	17	5.61	1.58		10	4.00	1.58	
전체		52	7.07	1.78		52	4.65	1.97	

나. MEHP 농도에 영향을 미치는 요인들의 Mixed Model 분석

아래 표는 MEHP 농도에 영향을 미칠 수 있는 요인들을 통합하여 모델분석을 통해 각각의 요인들이 실제로 어떤 영향을 미치는지를 분석한 것이다. 단변량 분석에서는 일회용기에 담긴 음식을 섭취하는 것과 외식을 하는 것이 MEHP농도에 부정적인 영향을 미치는 것으로 분석되었었다. 그러나 모델 분석에서는 이들 역시 통계적으로 유의한 영향을 미치고 있지는 않았다. 다만, 회차에 의한 효과가 유의한 영향을 미치고 있었다. 즉, 리모델링을 실시한 후에 채취된 소변에서의 MEHP 농도가 리모델링을 실시하기 전에 채취된 소변에서의 농도에 비해 통계적으로 유의하게 낮게 분석되었다.

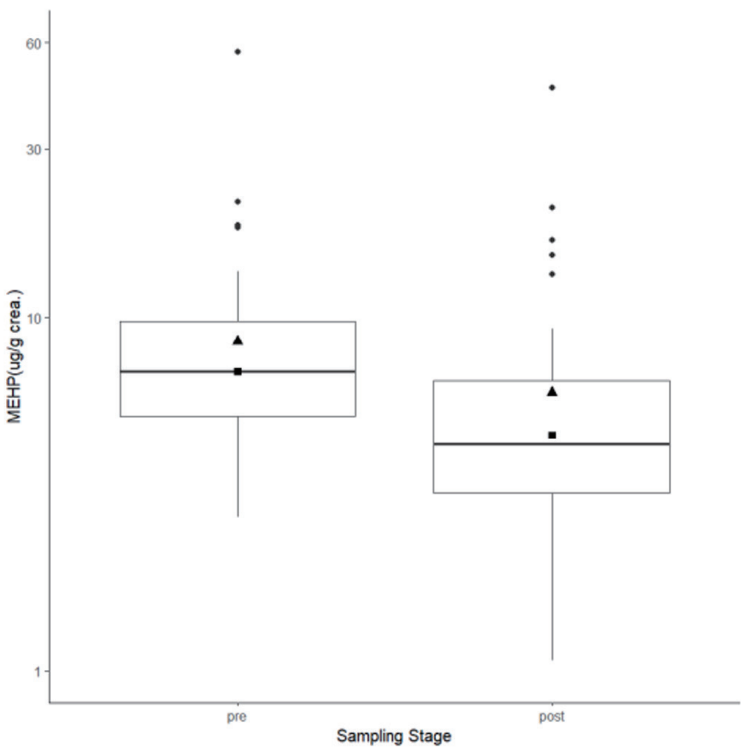
리모델링 후에 채취된 MEHP의 농도는 전에 비해 약 65.1 %수준이었다. 즉, 친환경건축자재를 사용한 리모델링으로 인해 어린이들의 소변에서의 MEHP 농도가 34.9 % 줄어든 것이다. 이는 친환경 리모델링의 성과라고 할 수 있다.

<표 14> MEHP 농도에 영향을 미치는 요인들의 모델 분석

Variable	level	Estimate	SE	p-value	Adjusted Proportional Change in GM		
					Est	95%CI.low	95%CI.up
	Intercept	1.911	0.348	0.000	6.76	3.42	13.36
성별	여아	0.007	0.175	0.967	1.01	0.72	1.42
연령대	8yrs+	0.090	0.232	0.700	1.09	0.69	1.73
BMI	저체중/정상	0.099	0.200	0.623	1.10	0.75	1.63
가정.바닥재	non-PVC	0.046	0.180	0.801	1.05	0.74	1.49
가정.벽지	non-PVC	0.107	0.198	0.590	1.11	0.76	1.64
손씻기	>5	-0.187	0.108	0.088	0.83	0.67	1.03
물걸레청소	yes	0.005	0.104	0.962	1.01	0.82	1.23
일회용기	yes	-0.139	0.110	0.210	0.87	0.70	1.08
가공육	yes	0.099	0.105	0.350	1.10	0.90	1.36
육류	yes	0.201	0.153	0.194	1.22	0.91	1.65
유제품	yes	-0.213	0.153	0.169	0.81	0.60	1.09
찌개류	yes	0.102	0.148	0.493	1.11	0.83	1.48
장류	yes	-0.138	0.149	0.355	0.87	0.65	1.17
외식	yes	-0.178	0.130	0.176	0.84	0.65	1.08
측정차수	post	-0.430	0.079	0.000	0.65	0.56	0.76

아래 그림은 리모델링 전후에 채취된 소변 내 MEHP 농도 분포를 보여주고 있다. 리모델링 후에 채취된 소변에서의 MEHP농도가 리모델링 전에 채취된 소변에서의 MEHP 농도에 비해 현저히 낮다는 것을 알 수 있다.

[그림 14] 리모델링 전후의 소변 내 MEHP 농도 분포



(2) DEHP의 대사산물 MEHP

가. MEHP 농도에 영향을 미치는 단변량 분석

아래 표는 DEHP의 대사산물 중에서 MEHP의 농도분포를 그것에 영향을 줄 수 있는 요인에 따라 분류한 것이다. 앞서 MEHP의 경우와 마찬가지로 그것의 뇨중 농도에 영향을 줄 수 있는 요인들에 대한 단변량 분석을 시도하였다. 단변량 분석을 한 결과 대부분의 요인들은 MEHP의 농도 변화에 영향을 미치지 않았다. 다만, 육류를 섭취하는 것이 MEHP의 농도에 영향을 미치고 있는 것으로 확인됐다.

기존의 연구에 의하면 육류를 섭취하는 것이 DEHP의 주요 노출소스라고 확인되고 있다. 예를 들어, Serrano 등은 [2014]⁷⁾ 그들의 연구에서 미국인들의 DEHP 노출 농도에 영향을 미치는 주요 요인은 고기, 지방류, 그리고 유제품을 섭취하는 것이라고 확인했다. 이는 기존의 연과 결과와 일치하고 있는 결과라고 보여진다.

<표 15> 소변 내 MEHP 농도에 영향을 미치는 요인 분석

Variable	level	Pre				Post			
		n	GM	GSD	p-value	n	GM	GSD	p-value
기관	선부어린이집	10	37.95	1.95	0.747	10	24.45	1.96	0.588
	아기별어린이집	13	28.89	1.90		13	25.38	1.59	
	웃는아이어린이집	10	29.44	1.62		10	20.29	1.82	
	은광지역아동센터	9	29.73	1.22		9	17.97	1.47	
	이동어린이집	10	40.89	1.95		10	32.61	1.72	
성별	1[남아]	30	35.67	1.74	0.223	30	22.82	1.72	0.572
	2[여아]	22	29.32	1.79		22	25.35	1.79	
연령대	<8yrs	43	33.52	1.86	0.601	43	25.32	1.77	0.206
	8yrs+	9	29.73	1.22		9	17.97	1.47	
BMI	과체중	3	23.30	1.17	0.572	3	14.36	1.21	0.341
	비만	9	30.78	1.62		9	22.49	1.85	
	저체중	3	26.48	1.72		3	31.68	1.55	
	정상	37	34.89	1.84		37	24.65	1.75	
BMI[2단계]	과체중/비만	12	28.71	1.55	0.356	12	20.10	1.77	0.229
	저체중/정상	40	34.18	1.82		40	25.12	1.73	

7) Serrano, S. E.; Braun, J.; Trasande, L.; Dills, R.; Sathyanarayana, S., Phthalates and diet: a review of the food monitoring and epidemiology data. *Environmental health : a global access science source* **2014**, 13 (1), 43.

Variable	level	Pre				Post			
		n	GM	GSD	p-value	n	GM	GSD	p-value
가정.바닥재	1(PVC 장판)	27	33.69	1.66	0.490	27	25.90	1.74	0.154
	2(테코타일PVC)	1	13.71	NA		1	8.25	NA	
	3(원목마루)	22	33.36	1.92		22	23.44	1.72	
	4(타일)	2	30.09	1.36		2	16.26	1.15	
가정.바닥재2	PVC	28	32.63	1.69	0.932	28	24.86	1.80	0.386
	non-PVC	24	33.07	1.87		24	22.74	1.69	
가정.벽지	1[실크벽지]	13	30.24	1.71	0.929	13	22.04	1.78	0.745
	2[종이벽지]	33	33.32	1.85		33	24.02	1.72	
	4[친환경벽지]	5	35.94	1.50		5	29.69	2.03	
	5[페인트]	1	37.35	NA		1	18.00	NA	
가정.벽지2	PVC	13	30.24	1.71	0.552	13	22.04	1.78	0.555
	non-PVC	39	33.74	1.79		39	24.50	1.74	
손씻기	<=5	32	32.08	1.66	0.715	31	25.00	1.71	0.371
	>5	20	34.07	1.95		21	22.27	1.81	
청소	1[진공청소기]	17	34.13	1.92	0.370	20	23.59	1.57	0.963
	2[물걸레질]	4	42.47	1.43		5	24.52	2.30	
	3[1+2]	26	29.18	1.74		20	24.00	1.87	
	4[청소안함]	5	43.22	1.51		7	23.78	1.71	
물걸레청소	no	22	36.01	1.83	0.320	27	23.64	1.59	0.951
	yes	30	30.68	1.72		25	24.10	1.92	
일회용기 전자렌지사용	no	38	33.96	1.90	0.487	40	24.52	1.80	0.629
	yes	14	29.96	1.35		12	21.77	1.56	
일회용기 전자렌지미사용	no	40	32.50	1.80	0.817	45	23.55	1.75	0.737
	yes	12	33.96	1.69		7	25.97	1.73	
일회용기	no	27	34.27	1.98	0.576	33	24.23	1.83	0.870
	yes	25	31.34	1.52		19	23.23	1.62	
가공육	no	15	34.99	2.26	0.612	32	23.84	1.86	0.634
	yes	37	32.00	1.56		20	23.88	1.56	
육류	no	8	38.07	2.25	0.428	7	15.35	1.48	0.017
	yes	44	31.96	1.68		45	25.55	1.73	
유제품	no	5	32.33	1.96	0.950	5	36.54	1.71	0.080
	yes	47	32.88	1.76		47	22.80	1.72	
짜개류	no	33	35.50	1.74	0.194	39	24.79	1.81	0.381
	yes	19	28.66	1.79		13	21.27	1.52	
장류	no	36	34.43	1.88	0.371	42	25.11	1.78	0.220
	yes	16	29.51	1.48		10	19.26	1.54	
외식	no	35	34.11	1.81	0.493	42	23.76	1.80	0.959
	yes	17	30.35	1.69		10	24.28	1.53	
전체		52	32.80	1.77		52	23.90	1.74	

나. MEHP 농도에 영향을 미치는 요인들의 Mixed Model 분석

아래 표는 MEHP 농도에 영향을 미칠 수 있는 요인들을 통합하여 모델분석을 통해 각각의 요인들이 실제로 어떤 영향을 미치는지를 분석한 것이다. 단변량 분석에서는 육류를 섭취하는 것이 MEHP농도를 증가시키는 영향을 미치는 것으로 분석되었었다. 그러나 모델분석에서는 육류 섭취가 통계적으로 유의한 영향을 미치고 있지는 않았다. 다만, 회차에 의한 효과가 유의한 영향을 미치고 있었다. 즉, 리모델링을 실시한 후에 채취된 소변에서의 MEHP 농도가 리모델링을 실시하기 전에 채취된 소변에서의 농도에 비해 통계적으로 유의하게 낮게 분석되었다.

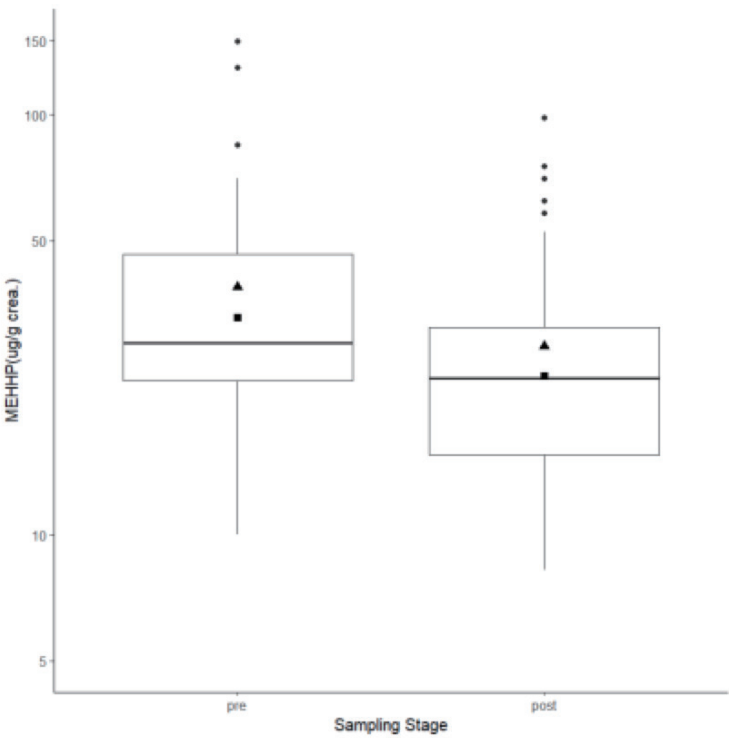
리모델링 후에 채취된 MEHP의 농도는 전에 비해 약 68.8 %수준이었다. 즉, 친환경건축자재를 사용한 리모델링으로 인해 어린이들의 소변에서의 MEHP 농도가 31.2 % 줄어든 것이다. 이는 친환경 리모델링의 성과라고 할 수 있다.

<표 16> MEHP 농도에 영향을 미치는 요인들의 모델 분석

Variable	level	Estimate	SE	p-value	Adjusted Proportional Change in GM		
					Est	95%CI.low	95%CI.up
	Intercept	3.712	0.314	0.000	40.95	22.14	75.74
성별	여아	-0.012	0.156	0.940	0.99	0.73	1.34
연령대	8yrs+	-0.257	0.221	0.320	0.77	0.50	1.19
BMI	저체중/정상	0.213	0.178	0.240	1.24	0.87	1.75
가정.바닥재	non-PVC	-0.056	0.162	0.730	0.95	0.69	1.30
가정.벽지	non-PVC	0.068	0.176	0.700	1.07	0.76	1.51
손씻기	>5	-0.134	0.097	0.170	0.88	0.72	1.06
물걸레청소	yes	-0.107	0.093	0.260	0.90	0.75	1.08
일회용기	yes	-0.069	0.099	0.490	0.93	0.77	1.13
가공육	yes	-0.077	0.094	0.420	0.93	0.77	1.11
육류	yes	0.069	0.137	0.620	1.07	0.82	1.40
유제품	yes	-0.199	0.138	0.150	0.82	0.63	1.07
찌개류	yes	-0.066	0.133	0.620	0.94	0.72	1.22
장류	yes	-0.010	0.133	0.940	0.99	0.76	1.29
외식	yes	-0.033	0.117	0.780	0.97	0.77	1.22
측정차수	post	-0.375	0.071	0.000	0.69	0.60	0.79

아래 그림은 리모델링 전후에 채취된 소변 내 MEHP 농도 분포를 보여주고 있다. 리모델링 후에 채취된 소변에서의 MEHP농도가 리모델링 전에 채취된 소변에서의 MEHP 농도에 비해 현저히 낮다는 것을 알 수 있다.

[그림 15] 리모델링 전후의 소변 내 MEHP 농도 분포



[3] DEHP의 대사산물 MEOHP

가. MEOHP 농도에 영향을 미치는 단변량 분석

아래 표는 DEHP의 대사산물 중에서 MEOHP의 농도분포를 그것에 영향을 줄 수 있는 요인에 따라 분류한 것이다. 앞서 DEHP의 다른 대사산물들의 경우와 마찬가지로 그것의 뇨중 농도에 영향을 줄 수 있는 요인들에 대한 단변량 분석을 시도하였다. 단변량 분석을 한 결과 대부분의 요인들은 MEOHP의 농도 변화에 영향을 미치지 않았다. 다만, MEHHP의 경우와 마찬가지로 육류를 섭취하는 것이 MEOHP의 농도에 영향을 미치고 있는 것으로 확인됐다. 이 역시 기존의 연과 결과와 일치하고 있는 결과라고 보인다.

<표 17> 소변 내 MEOHP 농도에 영향을 미치는 요인 분석

Variable	level	Pre				Post			
		n	GM	GSD	p-value	n	GM	GSD	p-value
기관	선부어린이집	10	22.82	1.71	1.000	10	14.82	2.18	0.605
	아기별어린이집	13	17.55	1.78		13	17.54	1.56	
	웃는아이어린이집	10	19.40	1.67		10	14.15	1.85	
	은광지역아동센터	9	19.81	1.28		9	12.74	1.53	
	이동어린이집	10	27.19	2.05		10	23.22	1.73	
성별	1[남아]	30	22.49	1.66	0.266	30	15.44	1.79	0.503
	2[여아]	22	18.91	1.82		22	17.48	1.81	
연령대	<8yrs	43	21.14	1.81	0.780	43	17.13	1.83	0.319
	8yrs+	9	19.81	1.28		9	12.74	1.53	
BMI	과체중	3	14.90	1.18	0.560	3	9.08	1.26	0.193
	비만	9	19.81	1.63		9	14.03	2.13	
	저체중	3	16.82	1.54		3	21.89	1.32	
	정상	37	22.16	1.80		37	17.27	1.74	
BMI[2단계]	과체중/비만	12	18.45	1.55	0.373	12	12.58	1.98	0.080
	저체중/정상	40	21.70	1.78		40	17.58	1.72	
가정.바닥재	1[PVC 장판]	27	21.86	1.65	0.473	27	18.24	1.72	0.150
	2[데코타일PVC]	1	9.42	NA		1	6.05	NA	
	3[원목마루]	22	20.54	1.84		22	15.18	1.87	
	4[타일]	2	20.69	1.55		2	12.26	1.25	
가정.바닥재2	PVC	28	21.21	1.68	0.732	28	17.54	1.77	0.204
	non-PVC	24	20.55	1.81		24	14.91	1.83	

Variable	level	Pre				Post			
		n	GM	GSD	p-value	n	GM	GSD	p-value
가정.벽지	1[실크벽지]	13	19.66	1.78	0.896	13	14.17	1.98	0.633
	2[종이벽지]	33	20.92	1.79		33	16.75	1.74	
	4[친환경벽지]	5	22.98	1.34		5	19.79	1.88	
	5[페인트]	1	28.21	NA		1	14.33	NA	
가정.벽지2	PVC	13	19.66	1.78	0.645	13	14.17	1.98	0.297
	non-PVC	39	21.34	1.72		39	17.04	1.74	
손씻기	<=5	32	20.26	1.65	0.609	31	16.72	1.82	0.615
	>5	20	21.98	1.87		21	15.63	1.79	
청소	1[진공청소기]	17	20.77	1.74	0.237	20	16.40	1.55	0.850
	2[물걸레질]	4	27.93	1.64		5	18.23	2.29	
	3[1+2]	26	18.75	1.74		20	15.66	2.01	
	4[청소안함]	5	29.83	1.53		7	16.35	1.72	
물걸레청소	no	22	22.55	1.72	0.382	27	16.39	1.58	0.785
	yes	30	19.77	1.74		25	16.15	2.04	
일회용기 전자렌지사용	no	38	21.24	1.86	0.715	40	16.44	1.88	0.964
	yes	14	20.01	1.34		12	15.73	1.53	
일회용기 전자렌지미사용	no	40	20.90	1.74	0.969	45	16.03	1.83	0.680
	yes	12	20.92	1.73		7	17.92	1.66	
일회용기	no	27	21.66	1.92	0.639	33	16.14	1.93	0.790
	yes	25	20.12	1.52		19	16.50	1.57	
가공육	no	15	20.84	2.06	0.980	32	16.18	1.95	0.610
	yes	37	20.93	1.60		20	16.43	1.56	
육류	no	8	22.05	2.08	0.776	7	10.93	1.42	0.036
	yes	44	20.70	1.68		45	17.31	1.81	
유제품	no	5	19.44	1.97	0.761	5	25.64	1.74	0.079
	yes	47	21.07	1.72		47	15.50	1.78	
찌개류	no	33	22.10	1.67	0.333	39	16.63	1.89	0.602
	yes	19	18.97	1.84		13	15.24	1.52	
장류	no	36	21.80	1.83	0.411	42	17.04	1.84	0.295
	yes	16	19.01	1.50		10	13.40	1.58	
외식	no	35	21.46	1.76	0.617	42	16.22	1.87	0.979
	yes	17	19.80	1.70		10	16.47	1.51	
전체		52	20.90	1.73		52	16.30	1.80	

나. MEOHP 농도에 영향을 미치는 요인들의 Mixed Model 분석

아래 표는 MEOHP 농도에 영향을 미칠 수 있는 요인들을 통합하여 Mixed Model 분석을 통해 각각의 요인들이 그것의 농도에 실제로 어떤 영향을 미치는지를 분석한 것이다. 단변량 분석에서는 육류를 섭취하는 것이 MEOHP농도를 증가시키는 영향을 미치는 것으로 분석되었었다. 그러나 모델분석에서는 육류 섭취가 통계적으로 유의한 영향을 미치고 있지는 않았다. 다만, 회차에 의한 효과가 유일한 영향을 미치고 있었다. 즉, 리모델링을 실시한 후에 채취된 소변에서의 MEOHP 농도가 리모델링을 실시하기 전에 채취된 소변에서의 농도에 비해 통계적으로 유의하게 낮게 분석되었다.

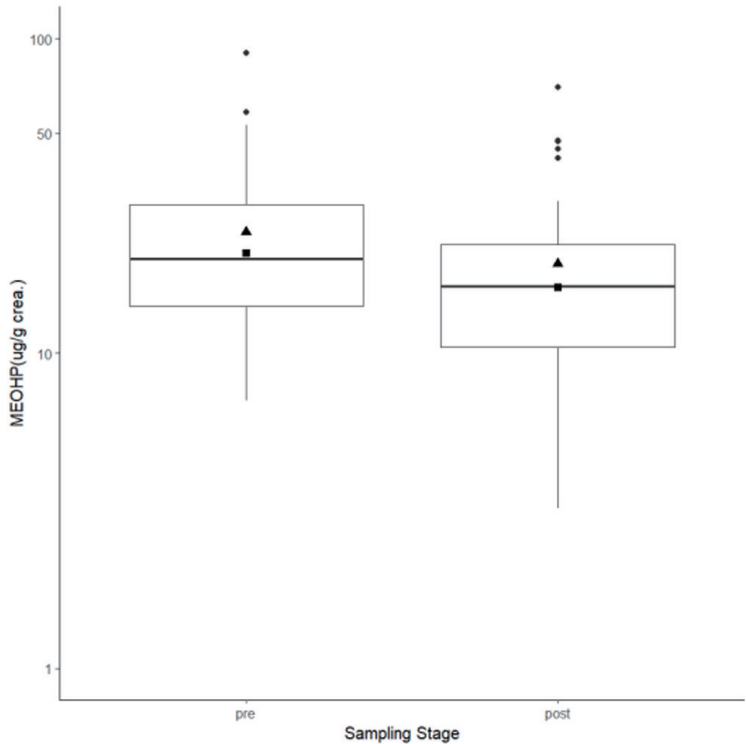
리모델링 후에 채취된 MEOHP의 농도는 전에 비해 약 76.0 %수준이었다. 즉, 친환경건축자재를 사용한 리모델링으로 인해 어린이들의 소변에서의 MEOHP 농도가 24.0 % 줄어든 것이다. 다른 대사산물들에 비해 농도 저감효과가 낮았지만 이 역시 친환경 리모델링의 성과라고 할 수 있다.

<표 18> MEOHP 농도에 영향을 미치는 요인들의 모델 분석

Variable	level	Estimate	SE	p-value	Adjusted Proportional Change in GM		
					Est	95%CI.low	95%CI.up
	Intercept	3.077	0.331	0.000	21.70	11.34	41.53
성별	여아	0.010	0.156	0.952	1.01	0.74	1.37
연령대	8yrs+	-0.247	0.250	0.388	0.78	0.48	1.28
BMI	저체중/정상	0.245	0.177	0.173	1.28	0.90	1.81
가정.바닥재	non-PVC	-0.130	0.164	0.429	0.88	0.64	1.21
가정.벽지	non-PVC	0.099	0.176	0.577	1.10	0.78	1.56
손씻기	>5	-0.124	0.104	0.236	0.88	0.72	1.08
물걸레청소	yes	-0.066	0.100	0.511	0.94	0.77	1.14
일회용기	yes	-0.048	0.107	0.659	0.95	0.77	1.18
가공육	yes	-0.014	0.102	0.888	0.99	0.81	1.20
육류	yes	0.109	0.147	0.460	1.12	0.84	1.49
유제품	yes	-0.164	0.150	0.279	0.85	0.63	1.14
찌개류	yes	-0.063	0.143	0.663	0.94	0.71	1.24
장류	yes	0.011	0.145	0.938	1.01	0.76	1.34
외식	yes	-0.011	0.125	0.927	0.99	0.77	1.26
측정차수	post	-0.274	0.078	0.001	0.76	0.65	0.89

아래 그림은 리모델링 전후에 채취된 소변 내 MEOHP 농도 분포를 보여주고 있다. 리모델링 후에 채취된 소변에서의 MEOHP농도가 리모델링 전에 채취된 소변에서의 MEOHP 농도에 비해 낮다는 것을 알 수 있다.

[그림 16] 리모델링 전후의 소변 내 MEOHP 농도 분포



[4] DEHP의 대사산물 MECPP

가. MECPP 농도에 영향을 미치는 단변량 분석

아래 표는 DEHP의 대사산물 중에서 MECPP의 농도분포를 그것에 영향을 줄 수 있는 요인에 따라 분류한 것이다. 앞서 DEHP의 다른 대사산물들의 경우와 마찬가지로 그것의 뇨중 농도에 영향을 줄 수 있는 요인들에 대한 단변량 분석을 시도하였다. 단변량 분석을 한 결과 대부분의 요인들은 MECPP의 농도 변화에 영향을 미치지 않았다. 다만, MEHHP와 MEOHP의 경우에서와 마찬가지로 육류를 섭취하는 것이 MECPP의 농도에 영향을 미치고 있는 것으로 확인됐다. 다만, 통계적으로 유의한 수준의 경계선상에서 영향을 미치고 있다고 분석되었다.

반면, 유제품을 섭취하지 않는 그룹에서 MECPP의 농도가 더욱 높게 나타났다. 앞서 살펴본 바와 같이 기존의 연구에서는 고기류, 지방류, 그리고 유제품을 많이 섭취할수록 체내 DEHP 농도가 더욱 높았다. 앞서 일부 DEHP 대사산물과 마찬가지로 설문분석 결과 자체만으로는 기존 문헌과 다른 결과를 해석할 수는 없었다. 다만, 이 경우 유제품을 섭취하는 그룹과 그렇지 않은 그룹에 속한 대상자들의 수에 있어서 편차가 크다. 즉, 유제품을 섭취하지 않은 대상자들이 다섯 명에 그치고 있어 차후 더 많은 대상자들을 포함한 연구에서 추가적인 검증이 필요하다.

<표 19> 소변 내 MECPP 농도에 영향을 미치는 요인 분석

Variable	level	Pre				Post			
		n	GM	GSD	p-value	n	GM	GSD	p-value
기관	선부어린이집	10	47.84	1.83	0.93	10	29.77	2.15	1.000
	아기별어린이집	13	40.93	1.65		13	32.26	1.58	
	웃는아이어린이집	10	47.20	1.67		10	31.45	1.98	
	은광지역아동센터	9	40.50	1.34		9	24.74	1.62	
	이동어린이집	10	59.65	2.04		10	47.03	1.86	
성별	1[남아]	30	48.72	1.65	0.478	30	30.60	1.80	0.443
	2[여아]	22	43.68	1.83		22	35.19	1.94	
연령대	<8yrs	43	47.89	1.78	0.404	43	34.36	1.88	0.247
	8yrs+	9	40.50	1.34		9	24.74	1.62	
BMI	과체중	3	37.77	1.17	0.538	3	23.11	1.36	0.705
	비만	9	45.94	1.55		9	29.55	2.11	
	저체중	3	31.88	1.49		3	38.80	1.36	
	정상	37	48.94	1.80		37	33.65	1.87	
BMI[2단계]	과체중/비만	12	43.75	1.48	0.658	12	27.79	1.93	0.342
	저체중/정상	40	47.39	1.79		40	34.01	1.83	

Variable	level	Pre				Post			
		n	GM	GSD	p-value	n	GM	GSD	p-value
가정.바닥재	1(PVC 장판)	27	49.01	1.58	0.340	27	35.96	1.76	0.128
	2[테코타일PVC]	1	19.39	NA		1	11.22	NA	
	3(원목마루)	22	45.41	1.90		22	30.94	1.95	
	4[타일]	2	46.45	1.17		2	23.42	1.14	
가정.바닥재2	PVC	28	47.42	1.62	0.787	28	34.50	1.82	0.267
	non-PVC	24	45.50	1.85		24	30.23	1.91	
가정.벽지	1[실크벽지]	13	41.91	1.75	0.856	13	28.25	2.14	0.702
	2[종이벽지]	33	47.46	1.79		33	33.69	1.78	
	4[친환경벽지]	5	52.34	1.28		5	38.24	1.78	
	5[페인트]	1	51.78	NA		1	25.62	NA	
가정.벽지2	PVC	13	41.91	1.75	0.428	13	28.25	2.14	0.311
	non-PVC	39	48.17	1.71		39	34.00	1.76	
손씻기	<=5	32	45.08	1.62	0.601	31	33.40	1.84	0.543
	>5	20	48.92	1.89		21	31.12	1.90	
청소	1[진공청소기]	17	46.39	1.80	0.383	20	31.38	1.60	0.631
	2[물걸레질]	4	55.53	1.79		5	37.05	2.36	
	3[1+2]	26	42.49	1.68		20	30.87	2.07	
	4[청소인함]	5	65.30	1.54		7	37.52	1.77	
물걸레청소	no	22	50.14	1.76	0.398	27	32.87	1.64	0.749
	yes	30	44.03	1.69		25	32.02	2.09	
일회용기 전자렌지사용	no	38	48.38	1.81	0.396	40	33.03	1.93	0.834
	yes	14	41.83	1.45		12	30.64	1.60	
일회용기 전자렌지미사용	no	40	44.87	1.77	0.384	45	32.06	1.89	0.725
	yes	12	52.50	1.52		7	35.18	1.70	
일회용기	no	27	47.50	1.93	0.776	33	32.59	2.00	0.916
	yes	25	45.49	1.49		19	32.24	1.62	
가공육	no	15	46.31	2.10	0.969	32	32.27	1.98	0.766
	yes	37	46.61	1.57		20	32.76	1.68	
육류	no	8	48.32	2.18	0.832	7	22.49	1.52	0.058
	yes	44	46.20	1.65		45	34.37	1.87	
유제품	no	5	54.10	1.54	0.518	5	56.14	1.93	0.036
	yes	47	45.78	1.74		47	30.62	1.80	
짜개류	no	33	47.73	1.71	0.658	39	33.10	1.98	0.697
	yes	19	44.50	1.75		13	30.61	1.46	
장류	no	36	47.71	1.87	0.620	42	34.02	1.91	0.276
	yes	16	43.96	1.34		10	26.65	1.57	
외식	no	35	48.24	1.72	0.493	42	32.07	1.93	0.791
	yes	17	43.17	1.73		10	34.18	1.53	
전체		52	46.50	1.72		52	32.50	1.85	

나. MECP가 농도에 영향을 미치는 요인들의 Mixed Model 분석

아래 표는 MECP가 농도에 영향을 미칠 수 있는 요인들을 통합하여 Mixed Model 분석을 통해 각각의 요인들이 그것의 농도에 실제로 어떤 영향을 미치는지를 분석한 것이다. 단변량 분석에서는 유제품을 섭취하는 것이 MECP가 농도를 감소시키는 영향을 미치는 것으로 분석되었었다. 모델분석에서도 유제품 섭취는 통계적으로 유의한 영향을 미치고 있었다. 또한 다른 DEHP 대사산물들과 마찬가지로, 회차에 의한 효과가 유의한 영향을 미치고 있었다. 즉, 리모델링을 실시한 후에 채취된 소변에서의 MECP가 농도가 리모델링을 실시하기 전에 채취된 소변에서의 농도에 비해 통계적으로 유의하게 낮았다.

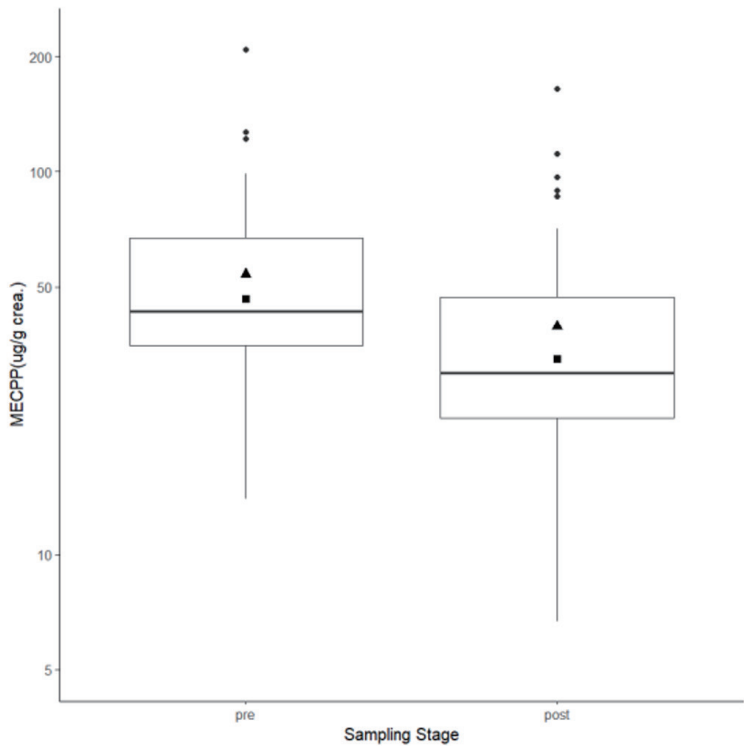
리모델링 후에 채취된 MECP의 농도는 전에 비해 약 69.6 %수준이었다. 즉, 친환경건축자재를 사용한 리모델링으로 인해 어린이들의 소변에서의 MECP가 농도가 30.4 % 줄어든 것이다. 이 역시 친환경 리모델링의 성과라고 할 수 있다.

<표 20> MECP가 농도에 영향을 미치는 요인들의 모델 분석

Variable	level	Estimate	SE	p-value	Adjusted Proportional Change in GM		
					Est	95%CI.low	95%CI.up
	Intercept	4.152	0.329	0.000	63.530	33.358	120.991
성별	여아	0.055	0.160	0.732	1.057	0.773	1.445
연령대	8yrs+	-0.378	0.248	0.218	0.686	0.422	1.115
BMI	저체중/정상	0.128	0.181	0.484	1.136	0.797	1.621
가정.바닥재	non-PVC	-0.156	0.167	0.354	0.855	0.617	1.186
가정.벽지	non-PVC	0.108	0.180	0.552	1.114	0.783	1.585
손씻기	>5	-0.130	0.101	0.202	0.878	0.720	1.071
물걸레청소	yes	-0.104	0.098	0.288	0.901	0.744	1.090
일회용기	yes	-0.062	0.103	0.550	0.940	0.768	1.151
가공육	yes	0.033	0.099	0.736	1.034	0.852	1.254
육류	yes	0.071	0.143	0.624	1.073	0.810	1.422
유제품	yes	-0.359	0.144	0.016	0.698	0.526	0.927
짜개류	yes	-0.013	0.139	0.928	0.988	0.752	1.297
장류	yes	0.059	0.140	0.676	1.061	0.806	1.395
외식	yes	-0.015	0.122	0.902	0.985	0.776	1.251
측정차수	post	-0.362	0.075	0.000	0.696	0.602	0.806

아래 그림은 리모델링 전후에 채취된 소변 내 MECP가 농도 분포를 보여주고 있다. 리모델링 후에 채취된 소변에서의 MECP가 농도가 리모델링 전에 채취된 소변에서의 MECP가 농도에 비해 현저히 낮다는 것을 알 수 있다.

[그림 17] 리모델링 전후의 소변 내 MECP가 농도 분포



(5) DEHP의 대사산물 총량(Σ[DEHP metabolite])

가. Σ[DEHP metabolite] 농도에 영향을 미치는 단변량 분석

아래 표는 DEHP의 대사산물 중에서 Σ[DEHP metabolite]의 농도분포를 그것에 영향을 줄 수 있는 요인에 따라 분류한 것이다. 앞서 DEHP의 다른 대사산물들의 경우와 마찬가지로 그것의 뇨중 농도에 영향을 줄 수 있는 요인들에 대한 단변량 분석을 시도하였다. 단변량 분석을 한 결과 대부분의 요인들은 Σ[DEHP metabolite]의 농도 변화에 영향을 미치지 않았다. 다만, ME0HP의 경우와 마찬가지로 육류를 섭취하는 것이 Σ[DEHP metabolite]의 농도 증가에 통계적으로 유의한 영향을 미치고 있는 것으로 확인됐다.

<표 21> 소변 내 Σ[DEHP metabolite] 농도에 영향을 미치는 요인 분석

Variable	level	Pre				Post			
		n	GM	GSD	p-value	n	GM	GSD	p-value
기관	선부어린이집	10	115.7	1.83	0.759	10	74.28	2.05	0.624
	아기별어린이집	13	95.31	1.7		13	80.99	1.55	
	웃는아이어린이집	10	103.34	1.63		10	69.90	1.88	
	은광지역아동센터	9	98.79	1.23		9	60.82	1.52	
	이동어린이집	10	137.75	2.01		10	109.33	1.81	
성별	1[남아]	30	115.39	1.65	0.337	30	74.00	1.74	0.461
	2[여아]	22	99.82	1.78		22	83.96	1.85	
연령대	<8yrs	43	110.68	1.78	0.592	43	82.25	1.81	0.259
	8yrs+	9	98.79	1.23		9	60.82	1.52	
BMI	과체중	3	83.58	1.19	0.566	3	49.53	1.29	0.453
	비만	9	104.6	1.58		9	71.31	1.97	
	저체중	3	80.53	1.55		3	97.90	1.36	
	정상	37	114.59	1.77		37	81.29	1.78	
BMI[2단계]	과체중/비만	12	98.9	1.51	0.496	12	65.10	1.84	0.222
	저체중/정상	40	111.6	1.76		40	82.43	1.75	
가정.바닥재	1[PVC 장판]	27	112.84	1.58	0.430	27	85.88	1.72	0.140
	2[데코타일PVC]	1	45.6	NA		1	26.58	NA	
	3[원목마루]	22	107.92	1.87		22	75.15	1.82	
	4[타일]	2	105.24	1.24		2	56.02	1.17	
가정.바닥재2	PVC	28	109.25	1.62	0.924	28	82.36	1.78	0.329
	non-PVC	24	107.69	1.82		24	73.33	1.79	

Variable	level	Pre				Post			
		n	GM	GSD	p-value	n	GM	GSD	p-value
가정.벽지	1[실크벽지]	13	100.14	1.7	0.915	13	69.43	1.90	0.730
	2[종이벽지]	33	109.94	1.78		33	80.11	1.75	
	4[친환경벽지]	5	119.87	1.31		5	93.30	1.85	
	5[페인트]	1	122.71	NA		1	62.46	NA	
가정.벽지2	PVC	13	100.14	1.7	0.535	13	69.43	1.90	0.379
	non-PVC	39	111.48	1.71		39	81.17	1.74	
손씻기	<=5	32	105.97	1.6	0.687	31	81.07	1.75	0.472
	>5	20	112.76	1.88		21	73.83	1.85	
청소	1[진공청소기]	17	109.31	1.78	0.371	20	76.24	1.55	0.839
	2[물걸레질]	4	136.22	1.54		5	85.76	2.38	
	3[1+2]	26	98.44	1.69		20	76.31	1.96	
	4[청소안함]	5	146.62	1.53		7	83.32	1.70	
물걸레청소	no	22	116.86	1.74	0.397	27	78.01	1.57	0.898
	yes	30	102.8	1.68		25	78.12	2.01	
일회용기 전자렌지사용	no	38	112.61	1.81	0.416	40	79.63	1.85	0.741
	yes	14	98.18	1.36		12	73.06	1.54	
일회용기 전자렌지미사용	no	40	106.49	1.75	0.644	45	77.22	1.80	0.760
	yes	12	115.61	1.56		7	83.71	1.70	
일회용기	no	27	112.62	1.92	0.607	33	78.79	1.90	0.962
	yes	25	104.28	1.46		19	76.82	1.58	
가공육	no	15	111.15	2.12	0.839	32	77.59	1.91	0.702
	yes	37	107.48	1.53		20	78.83	1.58	
육류	no	8	118.89	2.16	0.603	7	52.16	1.48	0.033
	yes	44	106.74	1.63		45	83.11	1.78	
유제품	no	5	113.7	1.67	0.839	5	126.00	1.78	0.052
	yes	47	107.99	1.72		47	74.19	1.75	
찌개류	no	33	113.45	1.68	0.434	39	79.91	1.87	0.603
	yes	19	100.48	1.75		13	72.78	1.49	
장류	no	36	112.35	1.84	0.488	42	81.57	1.82	0.291
	yes	16	100.4	1.36		10	64.90	1.55	
외식	no	35	113.16	1.72	0.423	42	77.71	1.85	0.933
	yes	17	99.58	1.68		10	79.56	1.50	
전체		52	109.00	1.70		52	72.10	1.78	

나. Σ[DEHP metabolite] 농도에 영향을 미치는 요인들의 Mixed Model 분석

아래 표는 Σ[DEHP metabolite] 농도에 영향을 미칠 수 있는 요인들을 통합하여 Mixed Model 분석을 통해 각각의 요인들이 그것의 농도에 실제로 어떤 영향을 미치는지를 분석한 것이다. 모델분석에서도 유제품 섭취하는 것이 Σ[DEHP metabolite] 농도를 증가시키는 것으로 분석되었지만 통계적으로 유의하지는 않았다.

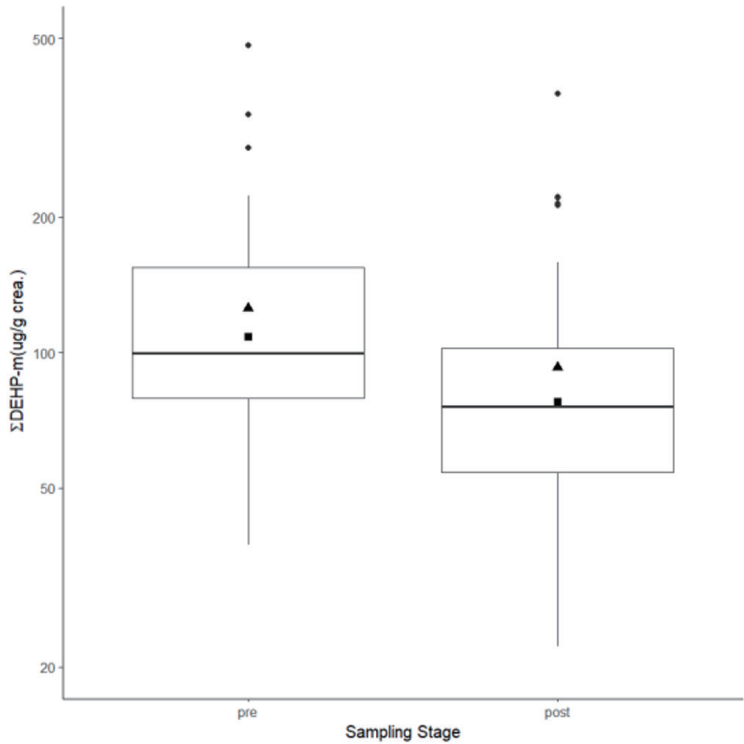
또한 다른 DEHP 대사산물들과 마찬가지로, 회차에 의한 효과가 유의한 영향을 미치고 있었다. 즉, 리모델링을 실시한 후에 채취된 소변에서의 Σ[DEHP metabolite] 농도가 리모델링을 실시하기 전에 채취된 소변에서의 농도에 비해 통계적으로 유의하게 낮았다. 리모델링 후에 채취된 Σ[DEHP metabolite]의 농도는 전에 비해 약 70.3 %수준이었다. 즉, 친환경건축자재를 사용한 리모델링으로 인해 어린이들의 소변에서의 Σ[DEHP metabolite] 농도가 29.7 % 줄어든 것이다. 이 역시 친환경 리모델링의 성과라고 할 수 있다.

<표 22> Σ[DEHP metabolite] 농도에 영향을 미치는 요인들의 모델 분석

Variable	level	Estimate	SE	p-value	Adjusted Proportional Change in GM		
					Est	95%CI.low	95%CI.up
	Intercept	4.894	0.311	0.000	133.43	72.50	245.57
성별	여아	0.022	0.154	0.888	1.02	0.76	1.38
연령대	8yrs+	-0.284	0.223	0.282	0.75	0.49	1.17
BMI	저체중/정상	0.184	0.176	0.300	1.20	0.85	1.70
가정.바닥재	non-PVC	-0.099	0.160	0.541	0.91	0.66	1.24
가정.벽지	non-PVC	0.091	0.174	0.604	1.10	0.78	1.54
손씻기	>5	-0.135	0.096	0.163	0.87	0.72	1.05
물걸레청소	yes	-0.090	0.092	0.333	0.91	0.76	1.10
일회용기	yes	-0.067	0.098	0.497	0.94	0.77	1.13
가공육	yes	-0.006	0.093	0.951	0.99	0.83	1.19
육류	yes	0.080	0.136	0.556	1.08	0.83	1.41
유제품	yes	-0.267	0.136	0.055	0.77	0.59	1.00
찌개류	yes	-0.026	0.132	0.843	0.97	0.75	1.26
장류	yes	0.015	0.132	0.908	1.02	0.78	1.32
외식	yes	-0.034	0.116	0.772	0.97	0.77	1.21
측정차수	post	-0.352	0.070	0.000	0.70	0.61	0.81

아래 그림은 리모델링 전후에 채취된 소변 내 Σ[DEHP metabolite] 농도 분포를 보여주고 있다. 리모델링 후에 채취된 소변에서의 Σ[DEHP metabolite]농도가 리모델링 전에 채취된 소변에서의 Σ[DEHP metabolite] 농도에 비해 현저히 낮다는 것을 알 수 있다.

[그림 18] 리모델링 전후의 소변 내 Σ[DEHP metabolites] 농도 분포



[6] DBP의 대사산물 MnBP

가. MnBP 농도에 영향을 미치는 단변량 분석

다음 표는 DBP의 대사산물인 MnBP의 농도분포를 그것에 영향을 줄 수 있는 요인에 따라 분류한 것이다. 앞서 DEHP의 대사산물들의 경우와 마찬가지로 그것의 뇨중 농도에 영향을 줄 수 있는 요인들에 대한 단변량 분석을 시도하였다. 단변량 분석을 한 결과 대부분의 요인들은 MnBP의 농도 변화에 뚜렷하게 영향을 미치지 않았다.

다만, 연령과 벽지 등에 의해 뇨중 MnBP 농도가 통계적으로 유의하게 영향을 받는 것으로 나타났다. 연령의 경우 8세 이상의 어린이들이 8세 미만의 어린이들에 비해 뇨중 MnBP 농도가 더욱 높았다. 통상적으로 나이가 어릴수록 뇨중 프탈레이트의 농도는 더욱 높아지는 경향이 있다. Gari 등(2019)⁸⁾ 연구에 의하면 프탈레이트 노출량이 연령에 따라 차이가 있었다. 예를 들어, DBP의 대사산물인 MnBP의 경우 엄마가 임신했을 때 측정된 소변에서의 농도와 2살 및 7살 때 채취된 소변에서의 농도가 통계적으로 유의하게 차이 났다. 즉, 연령이 높을수록 MnBP의 농도가 높아졌다. Koch 등(2007)⁹⁾의 연구에서도 연령이 높을수록 뇨중 MnBP와 MzBP의 농도가 통계적으로 유의하게 증가했다. 본 사업에서 관찰된 연령에 따른 뇨중 MnBP 농도의 차이는 기존 연구결과들과 상이한 차이를 보이고 있으나 원인을 파악하기 어려웠다. 다만, 리모델링이 수행된 후에 채취된 소변 중 MnBP의 농도에서는 연령 별로 큰 차이가 없었다. 향후 더 많은 어린이들을 대상으로 연령에 따른 뇨중 MnBP 농도의 차이를 평가해 검증해볼 필요가 있다.

또한 벽지의 형태에 따라서도 뇨중 MnBP 농도에서 통계적인 차이가 발견되었다. 그러나 페인트 칠을 한 집에서 사는 한 명의 어린이 뇨중 MnBP 농도가 극히 높게 분석되면서 통계적인 차이가 있는 것처럼 분석되었다. 벽지의 형태에 따른 대상자의 분포가 고르게 나올 수 있도록 좀 더 큰 규모의 연구에서 추가적인 검증이 필요한 결과라고 보인다.

8) Garf, M.; Koch, H. M.; Pålme, C.; Jankowska, A.; Wesolowska, E.; Hanke, W.; Nowak, D.; Bose-O'Reilly, S.; Polańska, K., Determinants of phthalate exposure and risk assessment in children from Poland. *Environment international* **2019**, 127, 742-753.
9) Koch, H. M.; Becker, K.; Wittassek, M.; Seiwert, M.; Angerer, J.; Kolossa-Gehring, M., Di-n-butylphthalate and butylbenzylphthalate – urinary metabolite levels and estimated daily intakes: pilot study for the German Environmental Survey on children. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology* **2007**, 17 (4), 378-387.

<표 23> 소변 내 MnBP 농도에 영향을 미치는 요인 분석

Variable	level	Pre				Post			
		n	GM	GSD	p-value	n	GM	GSD	p-value
기관	선부어린이집	10	33.96	1.39	0.158	10	23.59	1.62	0.653
	아기벌어린이집	13	34.14	1.48		13	29.33	1.51	
	웃는아이어린이집	10	33.88	1.27		10	31.74	1.64	
	은광지역아동센터	9	57.63	2.45		9	31.88	1.66	
	이동어린이집	10	44.13	1.85		10	37.37	1.57	
성별	1[남아]	30	39.28	1.75	0.913	30	29.72	1.60	0.752
	2[여아]	22	39.03	1.72		22	31.25	1.62	
연령대	<8yrs	43	36.13	1.52	0.019	43	30.04	1.60	0.801
	8yrs+	9	57.63	2.45		9	31.88	1.66	
BMI	과체중	3	42.49	1.14	0.526	3	35.22	1.97	0.829
	비만	9	42.04	1.63		9	32.97	1.61	
	저체중	3	26.12	1.14		3	26.60	1.43	
	정상	37	39.53	1.82		37	29.71	1.61	
BMI(2단계)	과체중/비만	12	42.15	1.52	0.502	12	33.52	1.64	0.369
	저체중/정상	40	38.32	1.79		40	29.47	1.59	
가정.바닥재	1(PVC 장판)	27	39.53	1.89	0.999	27	28.40	1.46	0.669
	2[데코타일PVC]	1	34.86	NA		1	41.68	NA	
	3[원목마루]	22	38.85	1.61		22	31.85	1.70	
	4[타일]	2	40.24	1.30		2	37.59	3.03	
가정.바닥재2	PVC	28	39.35	1.87	0.969	28	28.79	1.46	0.390
	non-PVC	24	38.97	1.58		24	32.29	1.75	
가정.벽지	1[실크벽지]	13	34.80	1.39	0.820	13	25.40	1.52	0.017
	2[종이벽지]	33	41.30	1.90		33	33.11	1.58	
	4[친환경벽지]	5	36.01	1.44		5	22.28	1.41	
	5[페인트]	1	48.56	NA		1	82.30	NA	
가정.벽지2	PVC	13	34.80	1.39	0.352	13	25.40	1.52	0.072
	non-PVC	39	40.75	1.83		39	32.21	1.61	
손씻기	<=5	32	41.64	1.84	0.345	31	30.64	1.58	0.767
	>5	20	35.52	1.53		21	29.94	1.66	
청소	1[진공청소기]	17	45.43	2.16	0.405	20	28.15	1.70	0.367
	2[물걸레질]	4	38.98	1.25		5	39.12	1.09	
	3[1+2]	26	34.75	1.54		20	29.19	1.66	
	4[청소안함]	5	44.28	1.23		7	35.13	1.34	
물걸레청소	no	22	45.17	1.97	0.096	27	29.81	1.62	0.808
	yes	30	35.29	1.51		25	30.95	1.60	

Variable	level	Pre				Post			
		n	GM	GSD	p-value	n	GM	GSD	p-value
일회용기 전자렌지사용	no	38	40.48	1.83	0.233	40	29.72	1.62	0.477
	yes	14	35.84	1.45		12	32.59	1.55	
일회용기 전자렌지미사용	no	40	40.07	1.70	0.700	45	31.15	1.58	0.336
	yes	12	36.32	1.85		7	25.73	1.78	
일회용기	no	27	42.26	1.80	0.204	33	30.64	1.59	0.931
	yes	25	36.09	1.65		19	29.87	1.64	
가공육	no	15	37.47	1.53	0.707	32	29.90	1.61	0.784
	yes	37	39.88	1.82		20	31.09	1.61	
육류	no	8	35.41	1.76	0.517	7	33.21	1.48	0.631
	yes	44	39.90	1.73		45	29.93	1.62	
유제품	no	5	41.91	2.19	0.949	5	40.69	1.71	0.145
	yes	47	38.89	1.70		47	29.42	1.58	
찌개류	no	33	35.70	1.49	0.128	39	28.33	1.60	0.069
	yes	19	46.02	2.06		13	37.34	1.55	
장류	no	36	38.22	1.59	0.719	42	29.16	1.60	0.163
	yes	16	41.41	2.05		10	35.93	1.58	
외식	no	35	39.70	1.76	0.983	42	30.77	1.54	0.677
	yes	17	38.11	1.70		10	28.67	1.87	
전체		52	39.20	1.73		52	30.40	1.60	

나. MnBP 농도에 영향을 미치는 요인들의 Mixed Model 분석

아래 표는 MnBP 농도에 영향을 미칠 수 있는 요인들을 통합하여 Mixed Model 분석을 통해 각각의 요인들이 그것의 농도에 실제로 어떤 영향을 미치는지를 분석한 것이다. 모델분석에서는 유제품을 섭취하는 사람들에게서 높음 MnBP 농도가 더 낮게 분석되었으며 통계적으로 유의한 수준에서 의미를 갖고 있었다. 하지만 이 경우, 유제품을 섭취하지 않는 대상자가 5명에 밖에 되지 않았다. 향후에 더 많은 대상자들을 대상으로 한 평가로 추가적인 검증이 필요하다고 판단되었다.

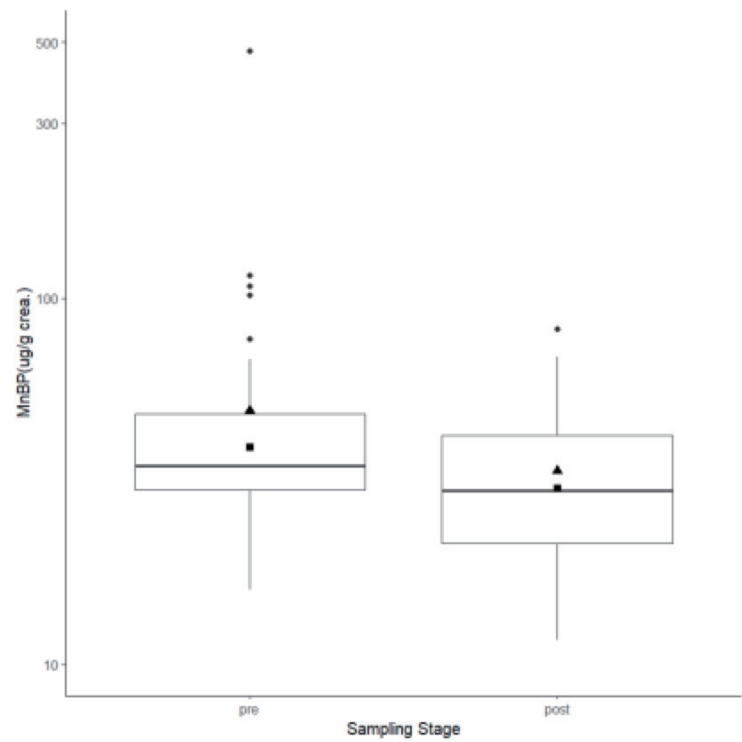
또한 DEHP 대사산물들과 마찬가지로, 회차에 의한 효과가 유의한 영향을 미치고 있었다. 즉, 리모델링을 실시한 후에 채취된 소변에서의 MnBP 농도가 리모델링을 실시하기 전에 채취된 소변에서의 농도에 비해 통계적으로 유의하게 낮았다. 리모델링 후에 채취된 MnBP의 농도는 전에 비해 약 79.9 %수준이었다. 즉, 친환경건축자재를 사용한 리모델링으로 인해 어린이들의 소변에서의 MnBP 농도가 20.1 % 줄어든 것이다. 이 역시 친환경 리모델링의 성과라고 할 수 있다.

<표 24> 농도에 영향을 미치는 요인들의 모델 분석

Variable	level	Estimate	SE	p-value	Adjusted Proportional Change in GM		
					Est	95%CI.low	95%CI.up
	Intercept	3.909	0.298	<2e-16	49.83	27.80	89.31
성별	여아	-0.003	0.132	0.981	1.00	0.77	1.29
연령대	8yrs+	0.250	0.176	0.163	1.28	0.91	1.82
BMI	저체중/정상	-0.131	0.150	0.390	0.88	0.65	1.18
가정.바닥재	non-PVC	0.078	0.137	0.570	1.08	0.83	1.41
가정.벽지	non-PVC	0.213	0.149	0.159	1.24	0.93	1.66
손씻기	>5	-0.082	0.101	0.421	0.92	0.76	1.12
물걸레청소	yes	-0.059	0.098	0.547	0.94	0.78	1.14
일회용기	yes	-0.132	0.108	0.225	0.88	0.71	1.08
가공육	yes	0.078	0.102	0.448	1.08	0.89	1.32
육류	yes	-0.111	0.143	0.442	0.90	0.68	1.19
유제품	yes	-0.303	0.151	0.049	0.74	0.55	0.99
찌개류	yes	0.103	0.138	0.457	1.11	0.85	1.45
장류	yes	-0.004	0.144	0.979	1.00	0.75	1.32
외식	yes	0.080	0.121	0.509	1.08	0.85	1.38
측정차수	post	-0.224	0.082	0.009	0.80	0.68	0.94

아래 그림은 리모델링 전후에 채취된 소변 내 MnBP 농도 분포를 보여주고 있다. 리모델링 후에 채취된 소변에서의 MnBP 농도가 리모델링 전에 채취된 소변에서의 MnBP 농도에 비해 현저히 낮다는 것을 알 수 있다.

[그림 19] 리모델링 전후의 소변 내 MnBP 농도 분포



[7] BBP의 대사산물 MBzP

가. MBzP 농도에 영향을 미치는 단변량 분석

다음 표는 BBP의 대사산물인 MBzP의 농도분포를 그것에 영향을 줄 수 있는 요인에 따라 분류한 것이다. 앞서 여러 프탈레이트들의 대사산물들의 경우와 마찬가지로 그것의 노출 농도에 영향을 줄 수 있는 요인들에 대한 단변량 분석을 시도하였다. 단변량 분석을 한 결과 대부분의 요인들은 MBzP의 농도 변화에 뚜렷하게 영향을 미치지 않았다.

다만, BMI와 청소방식 등에 의해 노출 MBzP 농도가 통계적으로 유의하게 영향을 받는 것으로 나타났다. BMI와 프탈레이트 노출 농도 사이에는 주로 양의 상관관계가 있다는 연구 결과가 많다. 예를 들어, Hatch 등(2008)¹⁰⁾은 그들의 연구에서 미국의 국민건강영양조사 자료(1999-2002)를 바탕으로 프탈레이트 노출 수준과 비만의 관계를 분석했다. 20-59세 미국 남성의 경우, MBzP가 높아질수록 BMI와 허리둘레가 유의하게 증가하는 관계를 보이고 있었다. 여성의 경우는 MEP 농도가 그와 같은 경향을 보여주었다. 반면, MEHP의 경우는 반대의 경향을 보여주었는데, 여자 청소년들과 20-59세 여성들의 경우, BMI 지수와 역의 관계를 보여주었다. 다만, 본 사업의 대상이 되었던 어린이들에게서는 어떠한 유의한 관계도 관찰되지 않았다.

또한 MBzP는 아니지만 다른 종류의 프탈레이트 대사산물에 대한 연구 결과도 참조할 만하다. 예를 들어, Yaghjian 등(2015)¹¹⁾의 연구에 의하면 미국 여성들의 BMI와 허리둘레길이가 노출 MBP, MEHP, 그리고 MEHP/MEHHP 등의 농도와 유의한 상관관계를 갖고 있다고 분석되었다. MEHP/MEHHP 비의 경우 BMI 지수가 높은 여성은 MEHP에 대한 산화율이 낮다는 것을 추정하게 해준다. 결과적으로 MEHP가 내분비계 교란효과가 더욱 크다는 추정이 가능하다. 그러나 아직 비만과 MEHP가 그것에 미치는 영향 사이의 인과관계 및 선후 관계는 추가적인 연구를 통해 좀 더 규명되어야 한다.

국내의 연구에서도 MBzP와 비만의 관계를 보고한 사례가 있다. 예를 들어, Kang 등(2019)¹²⁾의 연구에 의하면, 50세 이상의 대한민국 여성의 경우 노출 DEHP 대사산물들과 MBzP 등이 비만과 통계적으

10) Hatch, E. E.; Nelson, J. W.; Qureshi, M. M.; Weinberg, J.; Moore, L. L.; Singer, M.; Webster, T. F., Association of urinary phthalate metabolite concentrations with body mass index and waist circumference: a cross-sectional study of NHANES data, 1999-2002. *Environmental Health* **2008**, 7 (1), 1-15.

11) Yaghjian, L.; Sites, S.; Ruan, Y.; Chang, S.-H., Associations of urinary phthalates with body mass index, waist circumference and serum lipids among females: National Health and Nutrition Examination Survey 1999-2004. *International journal of obesity* **2015**, 39 (6), 994-1000.

12) Kang, Y.; Park, J.; Youn, K., Association between urinary phthalate metabolites and obesity in adult Korean population: Korean National Environmental Health Survey (KoNEHS), 2012-2014. *Annals of occupational and environmental medicine* **2019**, 31 (1).

로 유의한 양의 상관관계를 갖고 있었다. 반면, 50대 이상의 남성의 경우는 비만과 유의한 상관관계를 갖는 노중 프탈레이트 대사산물들이 발견되지 않았다.

이렇듯, 연령과 성별에 따라 프탈레이트 대사산물의 종류별로 그것의 농도가 비만을 대표하는 BMI 지수 등과 양의 관계가 있음이 종종 보고되고 있다. 물론, 대상에 따라서는 음의 관계가 나타나거나 혹은 전혀 뚜렷한 관계가 드러나지 않는 연구 결과도 소개되고 있다. 더구나 어린이들에 대한 연구 결과는 찾아보기 어렵다. 따라서 본 사업의 분석 결과에서 나타난 BMI와 MBzP 농도 사이의 관계는 좀 더 큰 규모의 연구를 통해서 추가적으로 검증될 필요가 있다고 판단되었다.

또한 청소 방식에 따라서는 노중 MBzP 농도에서 통계적인 차이가 발견되었다. 즉, 물걸레질을 하거나 청소를 전혀 하지 않는 그룹에서 진공청소기를 이용한 청소를 하거나 진공청소기 이용 청소 및 물걸레 청소를 하는 그룹에 비해 MBzP의 농도가 더욱 높게 나타났다. 연구의 가설에서는 진공청소기 청소와 물걸레 청소를 같이 할 경우와 물걸레 청소를 할 경우에 순차적으로 MBzP의 농도가 더 낮을 것으로 예상되었다. 그러나 설문조사에서는 농도 차이의 패턴을 예측하기 어려운 결과가 도출되었다. 더구나 리모델링 후에 채취된 소변 분석 결과에서는 청소방식의 차이에 따른 노중 MBzP의 농도 차이가 관찰되지 않았다. 향후 청소방식에 따른 노중 MBzP의 농도에서 유의한 차이가 있는지를 검증하기 위해 많은 수의 대상자가 포함된 좀 더 큰 규모의 연구가 필요하다고 판단되었다.

<표 25> 소변 내 MBzP 농도에 영향을 미치는 요인 분석

Variable	level	Pre				Post			
		n	GM	GSD	p-value	n	GM	GSD	p-value
기관	선부어린이집	10	2.75	2.32	0.895	10	2.37	2.09	0.778
	아기별어린이집	13	1.67	1.98		13	1.62	1.85	
	웃는아이어린이집	10	1.96	1.94		10	1.43	1.84	
	은광지역아동센터	9	3.02	2.20		9	1.96	2.88	
	이동어린이집	10	2.62	2.02		10	1.77	1.80	
성별	1[남아]	30	2.31	2.12	0.982	30	1.69	1.87	0.531
	2[여아]	22	2.26	2.11		22	1.93	2.32	
연령대	<8yrs	43	2.16	2.07	0.322	43	1.75	1.90	0.679
	8yrs+	9	3.02	2.20		9	1.96	2.88	
BMI	과체중	3	1.33	1.20	0.386	3	1.10	1.68	0.042
	비만	9	2.01	1.87		9	1.50	1.99	
	저체중	3	3.63	4.78		3	4.95	4.17	
	정상	37	2.38	2.04		37	1.79	1.86	
BMI(2단계)	과체중/비만	12	1.81	1.77	0.225	12	1.39	1.91	0.169
	저체중/정상	40	2.46	2.18		40	1.93	2.08	

Variable	level	Pre				Post			
		n	GM	GSD	p-value	n	GM	GSD	p-value
가정.바닥재	1(PVC 장판)	27	2.68	2.26	0.222	27	2.09	2.19	0.168
	2[데코타일PVC]	1	1.06	NA		1	0.56	NA	
	3(원목마루)	22	1.92	1.89		22	1.63	1.84	
	4[타일]	2	2.77	1.72		2	1.13	1.10	
가정.바닥재2	PVC	28	2.59	2.27	0.130	28	1.99	2.24	0.248
	non-PVC	24	1.98	1.88		24	1.58	1.81	
가정.벽지	1[실크벽지]	13	2.48	2.10	0.819	13	1.70	1.94	0.861
	2[종이벽지]	33	2.16	2.16		33	1.79	2.15	
	4[친환경벽지]	5	2.46	1.95		5	2.20	2.05	
	5[페인트]	1	4.06	NA		1	1.21	NA	
가정.벽지2	PVC	13	2.48	2.10	0.613	13	1.70	1.94	0.762
	non-PVC	39	2.23	2.11		39	1.82	2.11	
손씻기	<=5	32	2.27	1.91	0.888	31	1.85	2.11	0.696
	>5	20	2.32	2.43		21	1.70	2.00	
청소	1[진공청소기]	17	1.53	1.90	0.010	20	1.59	1.79	0.416
	2[물걸레질]	4	4.53	2.11		5	2.28	2.44	
	3[1+2]	26	2.46	2.06		20	1.68	1.96	
	4[청소안함]	5	3.66	1.60		7	2.53	2.84	
물걸레청소	no	22	1.86	2.02	0.087	27	1.79	2.09	0.980
	yes	30	2.66	2.10		25	1.78	2.04	
일회용기 전자렌지사용	no	38	2.08	1.99	0.119	40	1.62	1.92	0.071
	yes	14	2.98	2.33		12	2.48	2.34	
일회용기 전자렌지미사용	no	40	2.30	2.15	0.968	45	1.91	2.07	0.092
	yes	12	2.24	2.00		7	1.17	1.70	
일회용기	no	27	2.11	2.08	0.417	33	1.74	1.94	0.705
	yes	25	2.50	2.13		19	1.88	2.28	
가공육	no	15	1.94	1.93	0.269	32	1.69	1.90	0.466
	yes	37	2.45	2.16		20	1.96	2.32	
육류	no	8	1.58	1.87	0.112	7	1.29	1.67	0.204
	yes	44	2.45	2.11		45	1.88	2.09	
유제품	no	5	1.84	1.87	0.466	5	1.58	1.80	0.692
	yes	47	2.34	2.13		47	1.81	2.09	
찌개류	no	33	2.35	2.34	0.746	39	1.91	2.13	0.269
	yes	19	2.18	1.68		13	1.48	1.79	
장류	no	36	2.27	2.34	0.918	42	1.89	2.09	0.247
	yes	16	2.32	1.54		10	1.41	1.83	
외식	no	35	2.33	2.09	0.835	42	1.86	2.07	0.415
	yes	17	2.21	2.17		10	1.51	1.99	
전체		52	2.29	2.10		52	1.79	2.05	

나. MBzP 농도에 영향을 미치는 요인들의 Mixed Model 분석

아래 표는 MBzP 농도에 영향을 미칠 수 있는 요인들을 통합하여 Mixed Model 분석을 통해 각각의 요인들이 그것의 농도에 실제로 어떤 영향을 미치는지를 분석한 것이다. 모델분석에서는 유제품을 섭취하는 사람들에게서 높음 MBzP 농도가 더 높게 분석되었으며 통계적으로 유의한 수준에서 의미를 갖고 있었다. 하지만 이 경우 역시 앞서 분석된 프탈레이트 대사산물들의 농도에 영향을 미치는 요인분석에서와 마찬가지로 유제품을 섭취하지 않는 대상자가 5명에 밖에 되지 않았다. 향후에 더 많은 대상자들을 대상으로 한 평가로 추가적인 검증이 필요하다고 판단되었다.

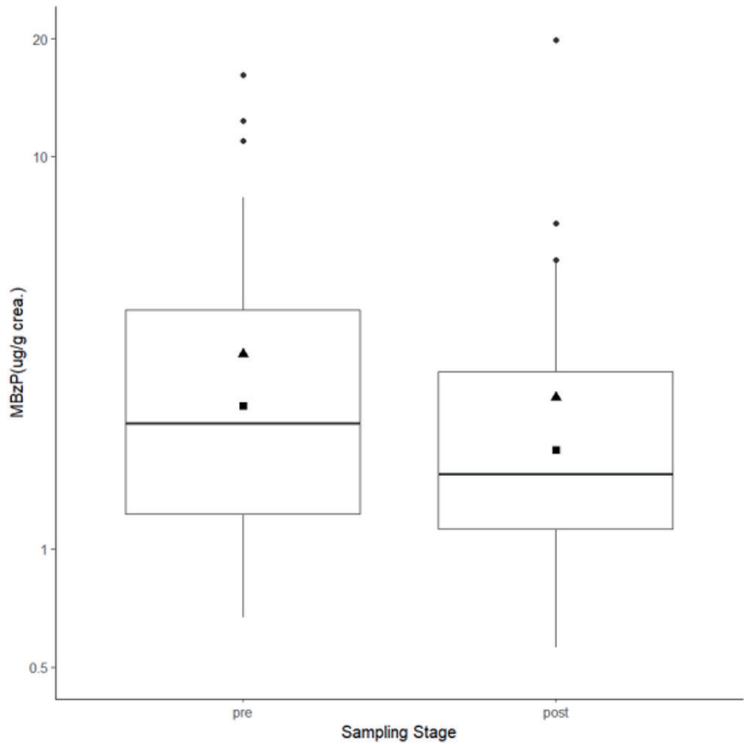
또한 다른 프탈레이트 대사산물들과 마찬가지로, 회차에 의한 효과가 유의한 영향을 미치고 있었다. 즉, 리모델링을 실시한 후에 채취된 소변에서의 MBzP 농도가 리모델링을 실시하기 전에 채취된 소변에서의 농도에 비해 통계적으로 유의하게 낮았다. 리모델링 후에 채취된 MBzP의 농도는 전에 비해 약 83.2 %수준이었다. 즉, 친환경건축자재를 사용한 리모델링으로 인해 어린이들의 소변에서의 MBzP 농도가 16.8 % 줄어든 것이다. 이 역시 친환경 리모델링의 성과라고 할 수 있다.

<표 26> MBzP 농도에 영향을 미치는 요인들의 모델 분석

Variable	level	Estimate	SE	p-value	Adjusted Proportional Change in GM		
					Est	95%CI.low	95%CI.up
	Intercept	-0.122	0.387	0.753	0.89	0.41	1.89
성별	여아	0.083	0.199	0.679	1.09	0.74	1.60
연령대	8yrs+	0.163	0.291	0.612	1.18	0.67	2.08
BMI	저체중/정상	0.333	0.227	0.149	1.39	0.90	2.17
가정.바닥재	non-PVC	-0.220	0.207	0.292	0.80	0.54	1.20
가정.벽지	non-PVC	0.022	0.225	0.923	1.02	0.66	1.59
손씻기	>5	-0.189	0.114	0.103	0.83	0.66	1.04
물걸레청소	yes	0.196	0.110	0.078	1.22	0.98	1.51
일회용기	yes	0.088	0.114	0.446	1.09	0.87	1.37
가공육	yes	0.187	0.109	0.093	1.21	0.97	1.49
육류	yes	0.296	0.161	0.071	1.35	0.98	1.85
유제품	yes	0.353	0.160	0.031	1.42	1.04	1.95
찌개류	yes	-0.026	0.157	0.870	0.98	0.72	1.32
장류	yes	-0.131	0.156	0.405	0.88	0.65	1.19
외식	yes	-0.048	0.138	0.727	0.95	0.73	1.25
측정차수	post	-0.184	0.081	0.029	0.83	0.71	0.98

아래 그림은 리모델링 전후에 채취된 소변 내 MBzP 농도 분포를 보여주고 있다. 리모델링 후에 채취된 소변에서의 MBzP 농도가 리모델링 전에 채취된 소변에서의 MBzP 농도에 비해 현저히 낮다는 것을 알 수 있다.

[그림 20] 리모델링 전후의 소변 내 MBzP 농도 분포



4. 소변 내 프탈레이트 분석 결과 소결

다음 표는 어린이집 환경과 어린이 소변에서 평가된 프탈레이트 분석결과를 요약한 것이다. 먼저 어린이집 의 바닥재에서는 DEHP가 바닥재의 중량대비 퍼센트 수준으로 함유되어 있을 정도로 주요한 성분이라는 것 이 확인되었고 BBP, DBP, 그리고 DINP가 일부 바닥재에서 ppm 혹은 % 수준으로 함유된 것으로 분석되었다. 각 어린이집에서 채취된 먼지에서는 DBP, DEHP, 그리고 DINP가 주로 검출되었다.

각 어린이집에 다니는 어린이들의 소변 내 프탈레이트를 분석한 결과, MEP, MiBP, MnBP, MBzP, MEHP, MEHHP, MEOHP, 그리고 MECPP 등이 주로 검출되었다. MMP와 MCPP는 검출율이 50 %를 넘지 않았고 MINP는 전혀 검 출되지 않아 통계처리를 하지 않았다. 그리고 MnBP, MBzP, MEHP, MEHHP, MEOHP, 그리고 MECPP 와 같은 프 탈레이트 대사산물들은 리모델링 전후로 어린이들의 소변 내 농도가 통계적으로 유의하게 줄어든 것을 확 인할 수 있었고 MEP와 MiBP 등은 리모델링 전후로 소변 내 농도에서 통계적 차이가 발견되지 않았다.

BBP의 경우, 어린이집의 바닥재에 일부 함유되어 있었으나 먼지에서는 발견되지 않았음에도 어린이들의 소 변에서는 리모델링 전후로 통계적으로 유의한 농도 변화가 관찰되었다. 이 외에도 유제품을 많이 섭취할수 록 소변 내 농도가 증가하고 있었다. 본 연구에서는 소스를 찾아낼 수는 없었으나 유제품처럼 다른 요인으 로 인해 농도 변화가 나타난 것으로 추정된다.

반면, DBP와 DEHP의 경우 어린이집의 바닥재와 먼지에서 발견되었을 뿐만 아니라 어린이들의 소변에서도 리모델링을 거치면서 통계적으로 유의하게 줄어든 것을 확인할 수 있었다. 이는 리모델링으로 인한 환경의 개선과 그로 인한 프탈레이트 농도의 변화라고 판단되어 진다. 다만, DBP의 대사산물인 MnBP와 DEHP의 대 사산물 중 하나인 MECPP가 리모델링을 거치면서 통계적으로 유의하게 감소된 것이 확인되었다. 기존 문헌 에서는 유제품 섭취가 증가할수록 프탈레이트 대사산물의 농도가 증가하는 경향이 있음을 보고하고 있다. 본 연구에서는 유제품을 섭취하는 대상자들이 그렇지 않은 대상자들에 비해 그 수가 매우 적었다(5명 vs. 47 명). 추후 더 많은 대상자들을 포함한 연구로 추가 확인할 필요가 있다.

<표 27> 어린이집 환경 및 어린이 소변 내 프탈레이트 검출 결과 요약

Parent Phthalate	Detection in media		Metabolite	Significant Factor			
	Flooring	Dust		Sampling Time		Dairy Product	
				p-value	Reduction [%]	p-value	Reduction [%]
BBP	ppm*	X	MBzP	0.029	16.8%	0.031	−42.4%
DBP	ppm	0	MnBP	0.009	20.1%	0.049	26.1%
DEHP	%**	0	MEHP	0.000	34.9%	–	–
			MEHHP	0.000	31.2%	–	–
			MEOHP	0.001	24.0%	–	–
			MECPP	0.000	30.4%	0.016	30.2%
			Σ (DEHP metabolites)	0.000	29.7%	–	–
DNOP	X	X	MCPP+	–	–	–	–
DINP	%***	0	MINP++	–	–	–	–

* 일부 바닥재에서 분석된 함유량이 수백 ppm 수준임
** 모든 바닥재에서 분석된 함유량이 수~수십 % 수준임
*** 일부 바닥재에서 분석된 함유량이 수 % 수준임
+ MCPP는 검출율이 50 %를 넘지 않아 통계처리를 하지 않음
++ MINP는 전혀 검출되지 않음

IV. 환경호르몬 없는 아동친화공간 만들기 사업의 성과

1. 친환경 리모델링 사업의 총평

환경호르몬 없는 아동친화공간 만들기 사업을 통해 5개소 어린이집과 1개소 지역아동센터를 대상으로 친환경 자재를 사용한 리모델링 사업이 진행되었다. 친환경리모델링 사업을 통한 환경호르몬 저감 효과를 확인하기 위해 리모델링 전후를 기준으로 실내 먼지 내 프탈레이트 함량을 분석하였고 해당 공간에 머무르는 영유아 및 어린이들의 소변을 채취하여 프탈레이트 대사산물의 농도를 분석했다. 소변 중 프탈레이트 대사산물 분석의 경우, 본 사업을 통해 친환경 건축자재를 사용한 리모델링 대상이 되었던 6개 기관 중 바이오모니터링 평가 조건에 맞는 5개 기관에 다니는 어린이들을 대상으로 그들의 소변을 채취해 리모델링에 의한 프탈레이트 노출 저감 효과를 평가해 보았다.

기존의 바닥재에서는 DEHP가 주요성분으로 검출되었다. 먼지 내 DEHP 농도 분포를 확인한 결과 친환경 건축자재를 이용한 리모델링을 통해서 먼지 내 DEHP 농도가 71.5 % 수준까지 감소된 것을 확인했다.

따라서 소변에서도 DEHP의 대사산물이 얼마나 저감되었는지를 분석해 보았다. 리모델링 전에 연속 이틀에 걸쳐 아침에 채취된 두 개의 소변 샘플을 합쳐 리모델링 전 상태의 프탈레이트 노출 수준을 분석하였다. 리모델링이 진행 된 이후에는 코로나 -19의 여건 등을 고려하여 연속 이틀에 걸쳐 아침에 채취된 소변 각각을 하나의 샘플로 간주하여 프탈레이트 노출 수준을 분석하였다. 리모델링 후에 채취된 개별 소변 내 프탈레이트 대사산물의 농도 분포는 차이가 없었다. 따라서 두 농도의 평균값을 이용하여 리모델링 전 소변에서의 프탈레이트 대사산물 농도와 비교했다. 총 52명의 전후 소변 비교 데이터를 얻을 수 있었다.

소변 내 프탈레이트 대사산물의 농도분포를 분석한 결과, MEHHP, MEOHP, 그리고 MECPP와 같은 DEHP의 대사산물들과 DiBP의 대사산물인 MiBP와 DBP의 대사산물인 MnBP의 농도가 다른 대사산물들에 비해 높은 수준으로 분석되었다. 즉, 영유아 및 어린이들이 이러한 물질들에 주요하게 노출되고 있다는 것을 알 수 있었다.

단변량 분석에서는 DEHP 대사산물의 종류에 따라서 포장된 음식을 섭취하거나 외식을 하는 경우(MEHHP의 경우) 그리고 유제품을 섭취하는 경우(MECPP)에서 오히려 대사산물의 농도가 낮아진 경우가 있었다. 이는 음식의 포장재나 육류, 지방류, 그리고 유제품을 섭취하는 것이 체내 프탈레이트 농도를 높인다는 기존의 연구와는 다른 결론이어서 좀 더 폭넓은 연구가 필요하다는 판단을 하게 되었다. 실제로 이 경우에 해당하는 샘플수가 매우 적었다(비섭취 5명 vs. 섭취 47명). 반면에 기존의 문헌에서 발견한 것과 마찬가지로 육류를 섭취하는 경우 프탈레이트 대사산물(MEHHP, MEOHP, 그리고 Σ (DEHP metabolite)의 경우)의 농도를 증가하게 하는 경향이 있음을 확인하였다.

소변 내 프탈레이트의 대사산물 농도에 영향을 미칠 수 있는 요인들을 통제한 상태에서도 리모델링 전후의 소변 내 프탈레이트 대사산물의 농도는 통계적으로 유의한 차이를 보여주었다. 즉, 친환경 소재를 사용한 리모델링으로 인해 먼지 내 프탈레이트 함량이 71.5 %까지 줄었고 이로 인해 영유아 및 어린이들의 프탈레이트 노출 기회가 줄어들어 소변 내 프탈레이트 대사산물의 함량이 20.1 % ~ 34.9 % 수준으로 줄어들었다고 추정할 수 있었다(MBzP 16.8 % 저감 제외). 결과적으로 친환경 자재를 사용한 리모델링으로 영유아 및 어린이들의 프탈레이트 노출 기회가 확실하게 줄어들었다는 것을 확인할 수 있었다.

2. 친환경 리모델링 사업의 성과

본사업은 친환경 자재를 사용한 리모델링을 통해 어린이 보육 공간을 어린이들의 건강을 보호할 수 있는 환경으로 개선해 내는 것이 주요 목적이었다. 친환경 바닥재 등을 전격적으로 교체한 리모델링을 통해 영유아 및 어린이들의 건강을 위협할 수 있는 프탈레이트와 같은 환경호르몬의 노출을 유의하게 줄일 수 있음을 확인한 것이 본 사업의 가장 중요한 성과라고 할 수 있다.

2022년부터 강화된 환경보건법 시행령이 적용된다. 어린이 활동공간에 사용되는 바닥 장판재의 경우 7종의 프탈레이트 함량이 0.1%를 넘어서는 안 되고 페인트의 납은 90 ppm을 초과해서는 안 된다. 본 사업의 내용은 강화된 환경보건법의 시행령 기준을 충족한다. 특히, 기존 시설물의 경우 강화된 시행령이 2026년부터 적용됨에도 불구하고 선제적으로 환경개선을 실행한 모범을 보였다.

본 사업은 강화된 환경보건법이 시행되기 전에 기존 어린이 보육시설에서 자발적으로 활동공간을 개선한 성공적인 사례를 만들었다. 환경보건법의 강화된 관리방안이 어떤 개선 효과를 줄 수 있을지를 과학적으로 검증한 선례이면서 어린이 활동공간의 환경개선 필요성을 입증한 모범사례를 만들었다는 데 큰 의의가 있다.



[부록 7]

환경호르몬 없는 아동 친화공간 만들기 사업 친환경 리모델링 감리 보고서

13) 2021년에 환경보건법 시행령이 개정되어 ‘어린이 활동공간에 대한 환경안전관리기준’이 강화됨. 이에 따라 현재 규제 중인 프탈레이트는 기존 6종에 DEHP가 추가되어 총 7종이 되고 실내 활동공간에 사용되는 합성수지 재질의 바닥재에 들어 있는 7종의 프탈레이트 총함량은 0.1%를 넘어서는 안됨. 추가적으로 어린이들의 실내외 활동공간에 사용되는 도료나 마감재료에서 납의 함량 기준도 90ppm으로 강화됨. 강화된 환경보건법 시행령은 신규 건축물의 경우 2022년 4월부터 적용되고 기존 건축물의 경우 2026년부터 적용됨.

'환경호르몬 없는 아동 친화공간 만들기' 사업 감리 보고서

의뢰인	원진직업병관리재단 부설 노동환경건강연구소
소재지	서울시 중랑구 사가정로49길 53 (면목동) 녹색병원 7층

1. 의뢰 목적	대상 시설의 리모델링이 완료되어 해당 공사가 사업 취지에 맞게 리모델링 되었는지 점검하기 위함
2. 의뢰 시설	어린이집 5개소 및 지역아동센터 1개소
3. 의뢰 내용	대상 시설이 '환경호르몬 없는 아동 친화공간 만들기' 사업 취지에 맞게 리모델링 되었는지 검토
4. 검토 기간	2022. 1. 5. ~ 2022. 1. 10.
5. 현장확인 및 기술적 사항 검토	<div>리모델링 확인항목</div> <ul style="list-style-type: none"> 바닥재 교체 시공시 프탈레이트프리(phthalate free) 자재 사용 여부 및 시방서에 따른 적정 시공 여부 문 및 문틀 교체 시공시 프탈레이트프리 자재 사용 여부 및 시방서에 따른 적정 시공 여부 당초 리모델링 계획에 없는 아이템(벽지 도배, 가구 제작·설치, 문 도장 등)의 시공시 적정 자재 선택 및 적정 시공 여부 <div>확인방법</div> <ul style="list-style-type: none"> 사용 자재 및 시공상태 현장 확인 사용 자재와 해당자재의 카탈록·인증서·기술자료 등 비교 확인
6. 리모델링 및 사업취지 적합성 검토 (요약)	<ul style="list-style-type: none"> (바닥재 교체) 사용된 바닥재는 PVC를 수지원료로 사용하지 않으며, 프탈레이트는 물론 석유계 합성가소제를 사용하지 않아 환경호르몬으로부터 안심할 수 있는 자재로 볼 수 있으며, 사용된 바닥재로 시공한 시설은 '어린이 활동공간 환경안심 인증' 기준항목인 '합성고무 재질 바닥재의 표면재료'의 폼알데하이드 방출량 기준 및 프탈레이트 기준을 충족할 수 있음 (문 및 문틀 교체) 문 및 문틀 교체에 사용된 자재는 EL246(실내용 바닥 장식재)로 '환경표지' 인증을 받은 친환경 자재이며, 사용된 자재로 시공한 어린이활동공간은 도료나 마감재료에 기인한 환경호르몬의 위험을 줄일 수 있으며, '어린이 활동공간 환경안심 인증' 기준항목인 '사용되는 도료 또는 마감재료'의 프탈레이트류 기준 등도 충족할 수 있음

귀 의뢰인이 의뢰한 '환경호르몬 없는 아동 친화공간 만들기' 사업 대상 시설이 사업 취지에 맞게 리모델링 되었는지 검토하여 이상과 같이 보고합니다.

2022년 1월 11일

한국생활환경보건협회장



※ 한국생활환경보건협회는 「환경부 및 기상청 소관 비영리법인의 설립과 감독에 관한 규칙」에 따라 설립된 비영리법인입니다.

날짜 : 2022. 02. 28

지원 :  금융산업공익재단
Financial Industry Public Interest Foundation

수행기관 :  노동환경건강연구소
for Occupational & Environmental Health

감리기관 : 한국생활환경보건협회

‘환경호르몬 없는 아동 친화공간 만들기’ 사업 검토 세부내용

1. 의뢰 시설

- 어린이집 ((5개소)
 - 시립수암어린이집 (경기 안산시 상록구 수암길 26)
 - 시립아기별어린이집 (경기 안산시 단원구 신길로 94)
 - 시립이동어린이집 (경기 안산시 상록구 매화로1길 51)
 - 시립선부어린이집 (경기 안산시 단원구 지곡로 48)
 - 웃는아이어린이집 (경기 안산시 단원구 와개길 28)
- 지역아동센터 (1개소)
 - 은광지역아동센터 (서울 은평구 녹번로 55, 3층)

2. 의뢰 내용

- 대상 시설이 ‘환경호르몬 없는 아동 친화공간 만들기’ 사업 취지에 맞게 리모델링 되었는지 검토

3. 검토 기간

- 2022. 1. 5. ~ 2022. 1. 10.

4. 현장 확인 및 검토

4.1 리모델링 확인 항목

- 바닥재 교체 시공시 프탈레이트프리(phthalate free) 자재 사용 여부 및 시방서에 따른 적정 시공 여부
- 문 및 문틀 교체 시공시 프탈레이트프리 자재 사용 여부 및 시방서에 따른 적정 시공 여부
- 당초 리모델링 계획에 없는 아이템(벽지 도배, 가구 제작·설치, 문 도장 등)의 시공시 적정 자재 선택 및 적정 시공 여부

4.2 확인 방법

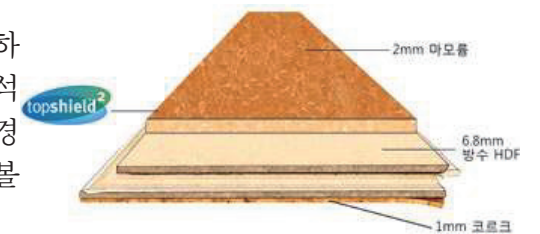
- 사용 자재 및 시공상태 현장 확인

- 시공사가 제시한 시공내역서(“어린이 활동공간 시공범위 및 내용”)와 실제 시공한 자재의 종류 및 물량 내역이 일치하는지 여부 확인
- 시방서에 따라 적절하게 시공되었는지 여부 확인
- 사용한 자재와 해당자재의 카탈록·인증서·기술자료 등 비교 확인
 - 사용한 자재의 모델이 시공사가 제시한 카탈록·인증서·기술자료 등과 일치하는지 여부를 확인하고,
 - 카탈록·인증서·기술자료 등에서 제공하는 자재가 프탈레이트프리의 특성을 나타냄과 함께 ‘어린이 활동공간 환경안심 인증기준’ 적합에 기여하는지를 검토

5. 리모델링 및 사업취지 적합성 검토

5.1 바닥재 교체

- 사용된 바닥재는 PVC를 수지원료로 사용하지 않으며, 프탈레이트(phthalates)는 물론 석유계 합성가소제 자체를 사용하지 않아 환경호르몬으로부터 안심할 수 있는 자재로 볼 수 있음^[1]
- 사용된 바닥재는 ‘non-PVC 립(lenoleum)층’ + ‘Super-E0급 고밀도섬유판(HDF)층’ + ‘코르크층’^[2]으로 구성되어 있으며,
 - 아마인유, 송진, 목재분말, 석회석, 천연안료, 황마를 원료로 제조되어 석유계 합성가소제 자체를 사용하지 않음
 - 또한 사용된 바닥재(엘림 마모림클릭 ELC-900, ELC-300, ELC-690)는 EL246(실내용 바닥 장식재)로 ‘환경표지’ 인증을 받은 친환경 자재임
- 따라서 사용된 바닥재로 시공한 어린이활동공간은 ‘어린이 활동공간 환경안심 인증’ 기준항목인 ‘합성고무 재질 바닥재의 표면재료’의 폼알데하이드 방출량 기준 및 프탈레이트 기준을 충족할 수 있음
- 시공된 바닥재에서는 눈에 띄는 흠이 발견되지 않았으며, 이에 따라 바닥재 교체 공사는 관련 공사시방서에 따라 적절하게 시공된 것으로 판단됨



5.2 문 및 문틀 교체

- 문 및 문틀 교체에 사용된 자재(엘림 북미경질단풍나무 ELM-C60, ELM-C50, ELM-C75)는 EL246(실내용 바닥 장식재)로 ‘환경표지’ 인증을 받은 친환경 자재임

[1] http://elim.green/bbs/board.php?bo_table=marmoleumclick&sca=%ED%81%B4%EB%A6%AD.

[2] 코르크 층은 충격 완화 역할뿐만 아니라, 바닥 단열 효과도 기대할 수 있음.

- 문 및 문틀 교체에 사용된 자재는 폼알데하이드가 거의 방출되지 않는 Super-E0 급 치장합판이며, 필요 부위에 일부 바니시를 도포하여 문 및 문틀을 시공
 - 더욱이 사용한 도료(바니시) 역시 프탈레이트와 같은 가소제를 원료로 사용하지 않으므로, 교체한 문 및 문틀로부터 환경호르몬 노출 우려가 없음
- 따라서 사용된 자재로 시공한 어린이활동공간은 도료나 마감재료에 기인한 환경 호르몬의 위험을 줄일 수 있으며, ‘어린이 활동공간 환경안심 인증’ 기준항목인 ‘사용되는 도료 또는 마감재료’의 프탈레이트류 기준 등도 충족할 수 있음
- 시공된 문 및 문틀에서는 눈에 띄는 흠이 발견되지 않았으며, 이에 따라 문 및 문틀 교체 공사는 관련 공사시방서에 따라 적절하게 시공된 것으로 판단됨

5.3 당초 리모델링 계획에 없는 아이템 시공

- 일부 대상 시설(*)에는 해당 시설관리책임자의 희망사항을 적극 수용하여 당초 리 모델링 계획에 없는 아이템을 친환경자재를 사용하여 추가로 제작·시공하였음을 확인함
 - 해당 어린이집: 시립아기별어린이집, 웃는아이어린이집
 - 시공 아이템: 벽지 도배, 가구(의자 겸 책장·신발장) 제작·설치, 문 도장 등

6. 총평

- 이번 사업[3]은 그간 어린이활동공간에서 불가피하게 시공해 오던 PVC 바닥장식 재, PVC 합성수지제 시트 또는 가소제 함유 우려 페인트 등을 PVC-free 또는 Plasticizer-free 자재로 대체함으로써 어린이 건강과 안전 확보에 기여할 수 있는 가능성을 확인한 좋은 계기가 되었음
- 향후 이 같은 노동환경건강연구소의 노력이 여러 기관·단체들에 파급되어 보다 안심할 수 있는 어린이 활동공간이 조성되었으면 하는 바람이 있음

<붙임>

1. 6개 대상 시설에 대한 리모델링 내역
2. 어린이 활동공간 환경안심 인증기준(정리)
3. 6개 대상 시설 현장 사진. 끝.

[3] ‘환경호르몬 없는 아동 친화공간 만들기’ 사업.

<붙임 1> 6개 대상 시설에 대한 리모델링 내역

지역	시설명	대상 공간		시공 내용
안산	시립수암 어린이집	1층	축복사랑반	바닥
			실 전체(중문포함)	도어 교체
	시립아기별 어린이집	1층	보육실	바닥 교체, 도어 교체
			공용공간	바닥 교체, 가구(의자 겸 책장, 현관 신발장) 제작
	시립이동 어린이집	1층	복도, 도담반, 해오름반, 식당	바닥 교체
		2층	하랑반, 다담반, 가온누리반, 미나래반, 복도	바닥 교체
	시립선부 어린이집	1층	튼튼반, 기쁨반, 사랑반	바닥 교체
		2층	슬기로운반, 지혜로운반, 해맑은반, 신나는반, 즐거운반	바닥 교체
	웃는아이 어린이집	1층	앞새반, 풀잎반	바닥 교체, 도어 교체, 도배
			공용공간	바닥 교체, 도배
서울	은광 지역 아동센터	3층	실 전체	도어 도색
			꽃잎반	바닥 교체
		4층	복도	바닥 교체
			뽀뽀롱스타킹방, 라임오렌지방, 아낌없이주는나무, 마주이야기방	바닥 교체, 도어 교체
			공용공간	바닥 교체
			복층공간	바닥 교체
			우물방	바닥 교체

<붙임 2> 어린이 활동공간 환경안심 인증기준(정리)

분야	기준항목	평가 기준	신청서에 첨부할 서류																																							
환경안전관리 기준	1.1 시설물 관리	<ul style="list-style-type: none">▪ 1.1.1 어린이활동공간에 설치된 시설물: 녹이 슬거나 금이 가거나 도료(페인트 등)가 벗겨지지 아니하게 관리할 것▪ 실내 또는 실외 활동공간에 사용되는 도료 또는 마감재료에 들어 있는 물질이 다음 기준을 모두 충족할 것<ul style="list-style-type: none">- 1.2.1 납, 카드뮴, 수은 및 6가크로뮴의 합: 총함량 1,000mg/kg 이하- 1.2.2 납: 함량 90mg/kg 이하- 1.2.3 실내활동공간에 사용되는 합성수지 재질의 바닥재(표면재료)에 들어 있는 프탈레이트류(DEHP, DBP, BBP, DINP, DIDP, DnOP, DIBP): 총함량 0.1% 이하 <p>※ “프탈레이트류”는 다음 화합물을 말함(이하 같음) 다이-2-에틸헥실프탈레이트(DEHP, Di-2-ethylhexyl phthalate), 다이부틸프탈레이트(DBP, Dibutyl phthalate), 부틸벤질프탈레이트(BBP, Butyl benzyl phthalate), 다이아이소노닐프탈레이트(DINP, Diisononyl phthalate), 다이아이소데실프탈레이트(DIDP, Disodecyl phthalate), 다이-<i>n</i>-옥틸프탈레이트(DnOP, Di-<i>n</i>-octyl phthalate), 다이아이소부틸프탈레이트(DIBP, Diisobutyl phthalate)</p>	환경유해인자 시험검사기관 ⁴⁾ 에서 발행한 환경안전관리기준 관련 성적서																																							
	1.2 사용되는 도료 또는 마감재료	<ul style="list-style-type: none">▪ 1.2.4 실내 활동공간에 사용되는 도료나 마감재료의 오염물질 방출: 「실내공기질 관리법」 제11조제1항 및 같은 법 시행규칙 제10조제1항에 따른 별표 5에 따라 정하는 건축자재의 오염물질 방출 기준을 초과하지 않을 것 <p>[별표 5] 건축자재의 오염물질 방출 기준 (제10조제1항 관련)</p> <table><tr><th>구분</th><th>오염물질 종류</th><th>폼알데하이드</th><th>톨루엔</th><th>총휘발성 유기화합물</th></tr><tr><td>1. 접착제</td><td></td><td>0.02 mg/m³·h 이하</td><td>0.08 mg/m³·h 이하</td><td>2.0 mg/m³·h 이하</td></tr><tr><td>2. 페인트</td><td></td><td>0.02 mg/m³·h 이하</td><td>0.08 mg/m³·h 이하</td><td>2.5 mg/m³·h 이하</td></tr><tr><td>3. 실란트</td><td></td><td>0.02 mg/m³·h 이하</td><td>0.08 mg/m³·h 이하</td><td>1.5 mg/m³·h 이하</td></tr><tr><td>4. 페티</td><td></td><td>0.02 mg/m³·h 이하</td><td>0.08 mg/m³·h 이하</td><td>20.0 mg/m³·h 이하</td></tr><tr><td>5. 벽지</td><td></td><td>0.02 mg/m³·h 이하</td><td>0.08 mg/m³·h 이하</td><td>4.0 mg/m³·h 이하</td></tr><tr><td>6. 바닥재</td><td></td><td>0.02 mg/m³·h 이하</td><td>0.08 mg/m³·h 이하</td><td>4.0 mg/m³·h 이하</td></tr><tr><td>7. 목질판상제품^{*)}</td><td></td><td>0.05 mg/m³·h 이하</td><td>0.08 mg/m³·h 이하</td><td>0.4 mg/m³·h 이하</td></tr></table> <p>비고: 오염물질의 종류별 측정단위는 mg/m³·h로 한다. 다만, 실란트의 측정단위는 mg/m³로 한다. ^{*)} 2022년 1월 1일부터 적용되는 기준</p>	구분	오염물질 종류	폼알데하이드	톨루엔	총휘발성 유기화합물	1. 접착제		0.02 mg/m ³ ·h 이하	0.08 mg/m ³ ·h 이하	2.0 mg/m ³ ·h 이하	2. 페인트		0.02 mg/m ³ ·h 이하	0.08 mg/m ³ ·h 이하	2.5 mg/m ³ ·h 이하	3. 실란트		0.02 mg/m ³ ·h 이하	0.08 mg/m ³ ·h 이하	1.5 mg/m ³ ·h 이하	4. 페티		0.02 mg/m ³ ·h 이하	0.08 mg/m ³ ·h 이하	20.0 mg/m ³ ·h 이하	5. 벽지		0.02 mg/m ³ ·h 이하	0.08 mg/m ³ ·h 이하	4.0 mg/m ³ ·h 이하	6. 바닥재		0.02 mg/m ³ ·h 이하	0.08 mg/m ³ ·h 이하	4.0 mg/m ³ ·h 이하	7. 목질판상제품 ^{*)}		0.05 mg/m ³ ·h 이하	0.08 mg/m ³ ·h 이하	0.4 mg/m ³ ·h 이하
구분	오염물질 종류	폼알데하이드	톨루엔	총휘발성 유기화합물																																						
1. 접착제		0.02 mg/m ³ ·h 이하	0.08 mg/m ³ ·h 이하	2.0 mg/m ³ ·h 이하																																						
2. 페인트		0.02 mg/m ³ ·h 이하	0.08 mg/m ³ ·h 이하	2.5 mg/m ³ ·h 이하																																						
3. 실란트		0.02 mg/m ³ ·h 이하	0.08 mg/m ³ ·h 이하	1.5 mg/m ³ ·h 이하																																						
4. 페티		0.02 mg/m ³ ·h 이하	0.08 mg/m ³ ·h 이하	20.0 mg/m ³ ·h 이하																																						
5. 벽지		0.02 mg/m ³ ·h 이하	0.08 mg/m ³ ·h 이하	4.0 mg/m ³ ·h 이하																																						
6. 바닥재		0.02 mg/m ³ ·h 이하	0.08 mg/m ³ ·h 이하	4.0 mg/m ³ ·h 이하																																						
7. 목질판상제품 ^{*)}		0.05 mg/m ³ ·h 이하	0.08 mg/m ³ ·h 이하	0.4 mg/m ³ ·h 이하																																						

분야	기준항목	평가 기준	신청서에 첨부할 서류												
1.3 시설에 사용한 목재	1.4 바닥에 사용된 모래 등 토양	<ul style="list-style-type: none">■ 어린이활동공간의 시설에 사용한 목재는 다음의 방부제를 사용하지 않은 것일 것<ul style="list-style-type: none">※ 위 1.2항의 기준에 적합한 도료를 사용하여 목재 표면을 정기적으로 도장(塗裝)하는 경우는 제외- 1.3.1 크레오소트유 목재 방부제 1호 및 2호(A-1, A-2)- 1.3.2 크로뮴-구리-비소 화합물계 목재 방부제 1호, 2호, 3호(CCA-1, CCA-2, CCA-3)■ 어린이활동공간의 바닥에 사용된 모래 등 토양은 다음의 기준을 모두 충족할 것<ul style="list-style-type: none">- 1.4.1 납, 카드뮴, 6가크로뮴, 수은 및 비소: 「환경보건법 시행규칙」 제10조에 따른 별표 2의 기준에 적합할 것 <p>[별표 2] <u>어린이활동공간의 바닥에 사용된 모래 등 환경안전관리기준</u> (제10조 관련)</p> <table><tr><th>물질</th><th>카드뮴</th><th>비소</th><th>수은</th><th>납</th><th>6가크로뮴</th></tr><tr><th>기준 (mg/kg)</th><td>4 이하</td><td>25 이하</td><td>4 이하</td><td>200 이하</td><td>5 이하</td></tr></table> <p>비고: 위 기준의 적용여부는 「환경분야 시험·검사 등에 관한 법률」 제6조제1항제9호의 분야에 대한 환경오염공정시험기준에 따른다.</p> <ul style="list-style-type: none">- 1.4.2 기생충란: 검출되지 않을 것	물질	카드뮴	비소	수은	납	6가크로뮴	기준 (mg/kg)	4 이하	25 이하	4 이하	200 이하	5 이하	
		물질	카드뮴	비소	수은	납	6가크로뮴								
기준 (mg/kg)	4 이하	25 이하	4 이하	200 이하	5 이하										
1.5 합성고무 재질 바닥재의 표면재료		<ul style="list-style-type: none">■ 어린이활동공간에 사용되는 합성고무 재질 바닥재의 표면재료는 다음의 기준을 모두 충족할 것<ul style="list-style-type: none">- 1.5.1 납, 카드뮴, 수은 및 6가크로뮴의 합: 총함량으로 1,000mg/kg 이하- 1.5.2 폼알데하이드 방출량: 75mg/kg 이하- 1.5.3 프탈레이트류: 총함량 0.1% 이하													
1.6 어린이활동공간 실내공기질		<ul style="list-style-type: none">■ 어린이활동공간의 실내공기질은 다음 각 목의 기준을 모두 충족할 것<ul style="list-style-type: none">- 1.6.1 폼알데하이드 농도: 80µg/m³ 이하- 1.6.2 총휘발성유기화합물 농도: 400µg/m³ 이하■ 2.1.1 미세먼지(PM-10): 75µg/m³ 이하													
2.	2.1 실내공기질		최근 1년 이내												

분야	기준항목	평가 기준	신청서에 첨부할 서류
실내공기질 유지기준	유지기준	▪ 2.1.2 미세먼지(PM-2.5): 35µg/m³ 이하	실시한 「실내공기질 관리법」 제12조제1항 본문에 따른 실내공기질측정 결과서
		▪ 2.1.3 이산화탄소(CO2): 1,000ppm 이하	
		▪ 2.1.4 포알데하이드(HCHO): 80µg/m³ 이하	
		▪ 2.1.5 총부유세균(TAB): 800CFU/m³ 이하	
		▪ 2.1.6 일산화탄소(CO): 10ppm 이하	
3. 건축물 석면 기준	3.1 건축물 석면조사	▪ 「석면안전관리법」 제22조제1항 및 같은 법 시행령 제32조에 따른 '석면건축물'이 아닐 것 - 3.1.1 석면건축자재 ^[5] 가 사용된 면적의 합이 50m² 이상인 건축물 - 3.1.2 석면건축자재에 해당하는 분무재를 사용한 건축물 - 3.1.3 석면건축자재에 해당하는 내화피복재를 사용한 건축물	건축물 석면조사 결과서
		▪ 3.2.1 어린이활동공간에서 석면이 검출되지 않아야 함	
		▪ 어린이활동공간 해당 시설과 관련하여 최근 3년간 다음의 환경안심 인증 관련 법률에 따른 벌칙이나 과태료를 받은 적이 없을 것 - 4.1.1 「환경보건법」에 따른 벌칙이나 과태료 처분: 받은 적이 없을 것 - 4.1.2 「실내공기질 관리법」에 따른 벌칙이나 과태료 처분: 받은 적이 없을 것 - 4.1.3 「석면안전관리법」에 따른 벌칙이나 과태료 처분: 받은 적이 없을 것	
4. 행정처분 여부	4.1 벌칙이나 과태료 처분 여부		—

[4] 「환경유해인자 시험·검사기관의 지정 등에 관한 규정」 (국립환경과학원예규 제712호, 2016. 11. 7.)에 따라 지정. 2022. 1월 현재 ① 한국건설생활환경
시험연구원, ② (재)FTI시험연구원, ③ 한국기계전기전자시험연구원, ④ 한국환경산업기술원, ⑤ 대한산업안전협회, ⑥ (재)한국환경수도연구원의 6개
기관이 지정받고 있음.

[5] 석면건축자재: 석면이 질량분율로서 1%를 초과하여 함유된 다음의 건축자재
[「석면안전관리법 시행규칙」 제3조 및 환경부고시 제2012-72호(석면을 함유할 가능성이 있는 물질)]
1. 지붕재, 2. 천장재, 3. 벽체재료, 4. 바닥재, 5. 단열재, 6. 보온재, 7. 분무재, 8. 내화피복재, 9. 칸막이, 10. 배관재(개스킷, 패킹, 실링 등),
11. 위 제1호~제10호까지의 자재와 유사 용도로 사용되는 석면 함유가능 물질(활석, 질석, 사문석, 헤포석)

<붙임 3> 6개 대상 시설 현장 사진

□ 시립수암어린이집 (경기 안산시 상록구 수암길 26)



□ 시립아기뿔어린이집 (경기 안산시 단원구 신길로 94)



□ 시립이동어린이집 (경기 안산시 상록구 매화로1길 51)



□ 시립선부어린이집 (경기 안산시 단원구 지곡로 48)



□ 웃는아이어린이집 (경기 안산시 단원구 와개길 28)



□ 은광지역아동센터 (서울 은평구 녹번로 55, 3층)



[부록 8]

현판식 실적

시립이동어린이집(2021. 02. 14)



시립수암어린이집(2021. 02. 14)



시립아기별어린이집(2021. 02. 14)



은광지역아동센터(2021. 02. 15)



시립선부어린이집(2021. 02. 14)



갈현지역아동센터(2021. 02. 15)



웃는아이어린이집(2021. 02. 14)



목2동어린이집(2021. 02. 15)



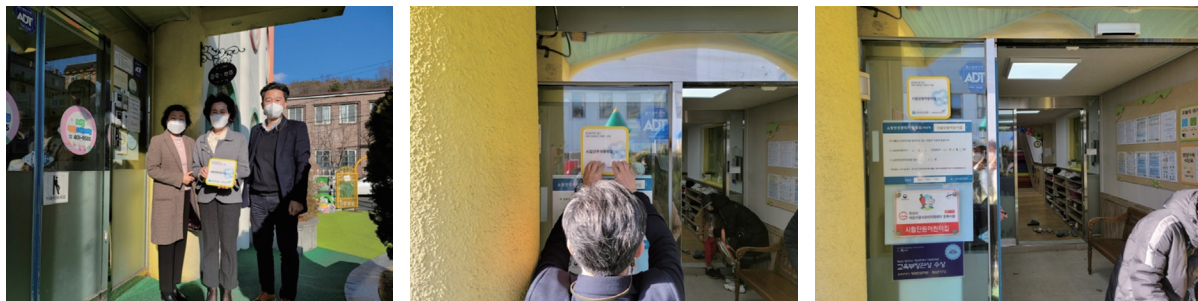
은하수어린이집(2021. 02. 15)



우리함께다문화지역아동센터(2021. 02. 21)



시립단원어린이집(2021. 02. 21)



시립감골어린이집(2021. 02. 21)



시립예다을어린이집(2021. 02. 21)



생명강지역아동센터(2021. 02. 23)



경향지역아동센터(2021. 02. 23)



구로푸른학교지역아동센터(2021. 02. 23)



솔나무지역아동센터(2021. 02. 23)



청운지역아동센터(2021. 02. 23)



우리모여지역아동센터(2021. 02. 23)



[부록 9]

친환경 어린이집 조성을 위한 매뉴얼

1. 어린이 건강을 보호하기 위해 유의해야 할 유해물질들

- United Nations Children’s Fund (UNICEF)에서는 “Healthy Environments for Healthy Children”이라는 책자¹⁾를 통해서 어린이들의 건강을 위협하는 물질들을 다음과 같이 열거하고 있다. 즉, 납, 수은, 카드뮴, 비소, 맹독 농약, 벤젠, 다이옥신, 소비자제품에서의 유해물질(PFAS 혹은 난연제, 프탈레이트, 비스페놀류 등), 불소화합물 등의 물질들이 어린이들의 건강을 위협하는 대표적인 물질들이라고 정리하고 있다.

2. 건축자재로써 제한되고 있는 대표적인 유해물질 리스트

가. 건강한 주택을 위한 전국 연합에서 건축자재에서 제한하는 물질들²⁾

건강한 주택을 위한 전국연합(National Center for HEALTHY HOUSING; NCHH)에서는 건축 자재에서 발견되는 잠재적인 유해 화학물질들을 다음과 같이 예시하고 있다.

- 석면
석면의 경우, 국내에서는 산업안전보건법에 따라 모든 유형의 석면이 제조, 유통, 판매가 금지되었기 때문에 새로운 건축물에서는 고려대상이 되지 않는다. 다만, 과거에 지어진 건물의 경우, 석면이 함유된 건축자재가 사용되었을 가능성이 있으므로 석면 함유 여부를 전문업체를 통해 점검하고 석면 함유가 확인될 경우에는 전문철거업체를 통해 제거되어야 한다.
- 크롬 화합물에 결합된 구리 및 비소(가압 목재에 처리되는 물질, Chromated copper arsenic; CCA)
목재체 처리되는 화학물질 중에는 비소와 같이 발암물질로 분류되는 유해한 성분이 함유되어 있을 가능성이 있으므로 엄밀한 검증이 필요하다.

1) United Nations Children’s Fund (UNICEF), *Healthy environments for healthy children: Global Programme Framework*. World Health Organization: New York, NY, 10017, USA, 2021.
2) National Center for HEALTHY HOUSING Potential Chemicals Found in Building Materials. <https://nchh.org/information-and-evidence/learn-about-healthy-housing/building-products-materials-and-standards/chemicals/> (accessed 21 February).

- 포름알데히드
포름알데히드는 건축 자재에 광범위하게 사용될 수 있는 화학물질이다. 특히, 가구 등에 접착제로써 사용되는 빈도가 높으므로 사전에 포름알데히드를 방출할 수 있는지 여부를 확인해야 한다.
- 과불화화합물(Perfluorinated compounds, including; PFOA)
과불화화합물은 카펫이나 가구 등에 사용될 수 있다. PFOA는 발암가능성이 있어서 동물실험에서 간, 췌장, 고환, 그리고 유선 등에서 종양을 일으킬 수 있는 물질로 확인되고 있다.
- 프탈레이트
프탈레이트는 주로 폴리염화비닐(polyvinyl chloride; PVC)의 가소제로써 많이 사용된다. 건축 자재 중에는 PVC 재질로 된 것들이 많다. 프탈레이트는 대표적인 내분기계 교란물질 중 하나이다.
- 브롬계 난연제(Polybrominated diphenyl ethers; PBDEs)
브롬계 난연제는 플라스틱 건축 자재와 폴리우레탄 폼으로 만들어진 제품에 많이 사용된다. 동물 실험 등에서 간독성과 갑상선 독성 등이 확인되고 있다. 또한 발달독성과 생식독성 등이 확인되고 있는 유해한 물질로 분류되고 있다.
- 짧은사슬 염화 파라핀(Short-chain chlorinated paraffins; SCCPs)
SCCP는 금속을 자르는 공정에서 사용되는 냉매에 주로 함유된다. 이 외에도 프탈레이트처럼 PVC에 두 번째로 많이 사용되는 가소제이기도 하다. 앞서 열거한 두가지 용도보다 많은 양은 아니지만 페인트, 접착제, 코크, 그리고 밀폐제 등에 가소제 혹은 난연제 성분으로 함유되기도 한다.

나. 미래생활 국제 연구소에서 건축자재에서 제한하는 물질들³⁾

미국의 미래생활 국제 연구소(International Living Future Institute; ILFI)에서는 적색리스트(red list)를 만들어 건축자재에 사용되는 것을 금지하는 물질들을 분류하고 있다. 리스트에 등재된 물질들은 그 독성으로 인해 인간과 환경의 건강에 영향을 미칠 수 있는 물질들이기 때문이다. 적색리스트에서 분류하는 대표적인 유해물질들은 다음과 같다.

• Alkylphenols and related compounds

세척제, 미용 용품, 피임약, 코팅, 향수, 열가소성수지, 무카본 복사용지(carbonless copy paper), 그리고 농업용 화학물질 등에 사용된다. 이 물질은 어류에게서 내분비계 교란을 일으킬 수 있는 독성을 갖고 있다. 해당 계열의 화학물질 중에서 노닐페놀(nonylphenol)은 이미 유럽에서 금지되고 있다.

• Antimicrobials (marketed with a health claim)

항균제는 건축자재의 보존을 위해 사용된다. 그럼에도 불구하고 이들을 사용했을 때 얻어지는 이득이 제대로 알려져 있지 않다. 게다가 일부 항균제는 내분비계 교란물질로 분류되고 있다.

• Asbestos and related compounds

석면은 국내(대한민국)에서 이미 금지된 물질이다.

• Bisphenol A (BPA) and structural analogues

BPA는 폴리카보네이트 플라스틱(polycarbonate plastic)과 에폭시 수지 등을 만드는 데 사용된다. BPA는 대표적인 내분비계 교란물질이다.

• California-banned solvents

여기서 말하는 캘리포니아 금지 솔벤트는 남부해안 공기질 관리국(South Coast Air Quality Management District; South Coast AQMD)의 Rule 102에 의해 지정된 Group II Exempt Compounds를 말한다.

3) International LIVING FUTURE Institute The Red List. <https://living-future.org/declare/declare-about/red-list/#red-list-and-watch-list-casrn-guide> (accessed 20 February).

• Chlorinated polymers / Chlorinated Polyethylene and Chlorosulfonated Polyethylene / Chlorinated Polyvinyl Chloride (CPVC) / Chloroprene (Neoprene) / Polyvinyl Chloride (PVC) / Polyvinylidene Chloride (PVDC)

대부분 잔류성 유기오염물질(persistent organic pollutants; POPs)로써 인간과 자연 환경에 다양한 악영향을 일으킬 수 있다.

• Chlorobenzenes

용제나 탈지제 등으로 많이 사용된다. 장기적인 노출을 통해, 신경독성이 나타날 수 있고 동물실험에서는 간과 신장에 손상을 일으키는 것으로 확인된 물질이다.

• Chlorofluorocarbons (CFCs) and Hydrochlorofluorocarbons (HCFCs)

오존을 파괴하는 물질들이다. 오존층이 파괴되면 피부암, 결막염, 면역계의 손상 등이 늘어나게 된다.

• Formaldehyde (added)

대표적인 발암물질 중 하나이다. 비강암과 백혈병을 일으킬 수 있는 발암성이 있다고 알려져 있다.

• Monomeric, polymeric and organophosphate halogenated flame retardants (HFRs)

염소와 브롬과 같은 물질이 함유된 난연제이다. 최근 연구에서 인간에게 농축되고 있다는 것이 보고되고 있다. 생물농축성을 갖고 있을 뿐만 아니라 신경발달, 생식, 갑상선 호르몬 기능의 저해, 그리고 간독성을 유발할 수 있다.

• Organotin compounds

주석과 탄소간 결합이 포함되어 있는 물질들이다. PVC 생산, 실리콘 고무, 그리고 폴리우레탄 등의 제조에 사용된다. 이 물질에 노출될 경우 기억 감퇴, 눈의 자극, 그리고 간손상 등이 일어날 수 있다. 이 계열에 속한 일부 화학물질은 급성 노출로 인해 사망에 이르게도 한다. 또한 수생태계 생물들에게 위협적인 독성을 갖고 있다고 알려져 있다. 즉, 수생태계 생물들의 면역 및 신경계를 손상시킬 수 있다.

• Perfluorinated and Polyfluorinated Alkyl Substances (PFAS) / Perfluorinated Compounds (PFCs)

POPs에 속하는 대표적인 물질이다. 다양한 형태로 건축재와 소비자 제품에 함유된다.

• Phthalates (Orthophthalates)

내분비계 교란물질로 분류되는 대표적인 물질 중 하나이다. PVC의 가소제로 주로 사용된다.

- **Polychlorinated Biphenyls (PCBs)**

70년대에 금지된 물질이지만 환경중에 오래동안 잔류하는 특징이 있다. 주로 전자장비의 절연체, 윤활제, 그리고 냉매 등의 용도로 사용되었다. 발암성을 갖고 있다고 알려져 있다.

- **Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)**

유기물의 불완전 연소시에 흔히 발생된다. 특정 염료를 만드는 데 사용되기도 한다. 발암성을 갖고 있다고 알려져 있다.

- **Short-chain and medium-chain chlorinated paraffins**

주로 금속을 커팅하는 공정에서 냉매와 윤활제로 사용된다. 혹은 PVC와 같은 플라스틱을 만들 때 가소제 나 난연제 기능을 위해 사용된다. 환경에 잔류하는 특성이 강하다. 간, 호르몬 분비 기관, 그리고 신장 등을 손상시킬 수 있고 장기적으로는 암을 유발할 수 있다.

- **Toxic heavy metals: Arsenic, Cadmium, Chromium (VI), Lead (added), Mercury**

발암성을 포함해 심각한 건강영향을 일으킬 수 있다.

- **Volatile Organic Compounds (VOC) (wet-applied products)**

코팅, 접착제, 밀폐제 등이 포함된다. 휘발성유기화합물은 종류도 많은 만큼 자극부터 시작해서 신경독성 등 다양한 건강영향을 일으킬 수 있다.

- **Wood treatments containing creosote or pentachlorophenol**

해충 등으로부터 목재를 보호하기 위해 처리된다. Creosote는 피부와 음낭 등에 암을 일으킬 수 있는 물질로 알려져 있다.

다. LEED에서 사용을 제한하는 유해물질들

미국녹색건축위원회 (U.S. Green Building Council; USGBC)에서는 녹색 건설의 인증 기준 중 하나로써 에너지 및 환경을 고려한 건축 디자인에서의 리더십(Leadership in Energy and Environmental Design; LEED)을 개발했다. 이것은 지속가능한 건축물의 등급을 매기는 국제 기준 중 하나이다. LEED 인증을 받기 위해서는 유해물질의 사용 및 배출이 최소화된 자재를 사용해야 한다. 예를 들어, LEED에서 건축물에서 잔류성, 생물농축성 및 독성 물질(Persistent Bioaccumulative and Toxic; PBTs)이 배출되지 않도록 하는 기준을 적용하고 있다. LEED에서 확인하고 있는 PBT에 해당하는 물질들은 납, 카드뮴, 그리고 구리 등이다.⁴⁾

납의 경우 급수(식용) 배관에 사용되는 납땜 및 플럭스에 대한 엄격한 기준을 적용하고 있다. 즉, 물과 접하는 표면에 사용된 납땜(solder)과 플럭스의 경우 납의 함량이 각각 0.2 %와 0.25 %를 넘지 않도록 하고 있다. 또한 전선이나 케이블에 사용되는 재질에서도 납의 함량이 300 ppm을 넘지 않도록 하고 있다. 물론 건축물의 내외부에 사용되는 페인트에는 납이 함유되어 있지 않아야 한다. 단, 방사능 차폐에 사용되는 납과 MRI 차폐에 사용되는 구리는 적용에서 예외가 된다.

카드뮴의 경우, 내외부에 사용되는 페인트에 의도적으로 카드뮴이 함유된 제품을 사용하지 않도록 규정하고 있다. 구리에 대해서는 동파이프를 설치할 경우, 연결부위에서 구리 부식이 일어나지 않도록 하는 조치를 취해야 한다.

4) <https://www.usgbc.org/credits/healthcare/v4-draft/mrc6>

라. 국토교통과학기술진흥원 매뉴얼에 언급된 금지 물질

국토교통과학기술진흥원에서는 녹색건축물 설계 매뉴얼 ⁵⁾을 통해 녹색건축물 통합설계를 위한 설계요소에 유해요소 포함 재료 및 자재 사용 금지계획을 포함시키고 있다. 건축물에서 사용 금지되어야 하는 물질을 아래와 같이 예시하고 있다. 금지 목록에 포함되는 대부분의 물질들은 앞서 다른 기관들에서 우려하고 있는 물질들과 겹치고 있다. 다만, 라돈이 포함되어 있는 특징이 있고 플라이애쉬나 고로슬래그와 같은 재활용 물질이 포함되었다. 라돈은 폐암을 일으킬 수 있는 발암물질로써 금지목록에 포함되었다고 판단된다. 또한 플라이애쉬나 고로슬래그의 경우 유해 중금속 등이 함유되었을 가능성 때문에 고려되었다고 판단된다(매뉴얼에는 금지 이유에 대해 설명되어 있지 않음).

- 석면사용 금지
- Chlorofluorocarbons(CFCS) 및 Hydrochlorofluorocarbons(HCFCs) 함유 제품 사용 금지
- 플라이애쉬 콘크리트
- 고로슬래그
- VOCs 발생 가구 및 비품 사용 금지
- 납, 수은, 카드뮴 함유 페인트 사용 금지
- 프레온 가스 포함 발포 단열재 사용 금지
- 포름알데히드, 라돈 포함 단열재 사용 금지
- 포름알데히드, 라돈 포함 건축용 도료 사용 금지
- 포름알데히드, 라돈 포함 접착제 사용 금지

마. 실내 환경에서 관리되어야 하는 유해물질들

이상과 같이, 건축 자재에서 금지되어야 하는 물질들로써, 건강한 주택을 위한 전국연합(NCHH), 미래생활 국제 연구소(ILFI), 에너지 및 환경을 고려한 건축 디자인에서의 리더십(LEED), 그리고 국토교통과학기술진흥원(KAIA) 등에서 제시하고 있는 물질들을 아래 표에서와 같이 종합해 보았다. ILFI에서 제시하는 적색리스트가 가장 광범위한 금지물질을 제안하고 있으므로 이를 기준으로 다른 기관에서 분류하고 있는 금지물질들을 매칭시켜 보았다.

5) 국토교통과학기술진흥원 녹색 건축물 설계 매뉴얼 총론; 2014.

공통적으로는 석면, 포름알데히드, 휘발성유기화합물(VOCs), CFCs/HCFs, 과불화 화합물, 브롬계 난연제, 짧은사슬 염화파라핀, 프탈레이트, 중금속, 그리고 목재 처리제 등과 같은 물질들이 포함되어 있었다. 이 중에서 석면과 PCB 등은 이미 오래 전에 금지된 물질들이므로 현재 시점에서 문제가 될 소지는 극히 적다.

이들 물질들은 물질 자체가 갖고 있는 유해성으로 인해 건축 자재에서 뿐만 아니라 다른 용도의 제품에서도 점차적으로 금지 대상이 되고 있는 물질들이다. 향후, 건축물을 조성하는 데 있어서 중요하게 고려되어야 할 유해물질 리스트이다.

[건축자재 사용 금지 물질 목록 종합]

NCHH	ILFI	LEED	KAIA
	알킬페놀		
	항균제		
석면	석면		석면
	BPA		
	VOCs		VOCs
	PVC 등**		
	클로로벤젠		
	CFCs/HCFs		CFCs/HCFs
포름알데히드	포름알데히드		포름알데히드
브롬계 난연제	브롬계 난연제		
	유기주석 화합물		
과불화화합물	과불화화합물		
프탈레이트	프탈레이트		
	PCBs		
	PAHs		
짧은 사슬 염화파라핀	짧은 사슬 / 중간 사슬 염화파라핀		
	중금속***	중금속*****	납, 수은, 카드뮴(페인트)
목재처리제*	목재 처리제****		
			플라이애쉬 콘크리트
			고로슬래그
			프레온가스
			라돈

| 건강한 주택을 위한 전국연합(National Center for HEALTHY HOUSING; NCHH)
| 미래생활 국제 연구소(International Living Future Institute; ILFI)
| 에너지 및 환경을 고려한 건축 디자인에서의 리더십(Leadership in Energy and Environmental Design; LEED)
| 국토교통과학기술진흥원(Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement; KAIA)
* 크롬화합물에 결합된 구리 및 비소
** Chlorinated polymers / Chlorinated Polyethylene and Chlorosulfonated Polyethylene / Chlorinated Polyvinyl Chloride (CPVC)
Chloroprene (Neoprene) / Polyvinyl Chloride (PVC) / Polyvinylidene Chloride (PVDC)
*** 비소, 카드뮴, 크롬(6가), 납, 수은
**** creosote or pentachlorophenol
***** 납, 카드뮴, 구리

3. 건강한 실내환경 조성을 위한 건축자재별 가이드

건강한 실내 환경을 조성하기 위해서는 건축물에 사용되는 건축자재 자체가 우선 환경 친화적인 재질로 만들어진 것이어야 한다. 건축자재에 사용되는 물질에 따라서 건물 거주자들에게 일정한 건강영향이 나타날 수 있기 때문이다.

건강한 실내환경을 조성하기 위해 건강한 건축을 위한 네트워크(Healthy Building Network; HBN)에서 제시하는 건축자재별 가이드⁶⁾와 HBN이 별도로 제작한 HomeFree의 제품별 가이드⁷⁾를 참조했다. HBN은 건축자재의 지속가능성에 대한 정보를 연구하고 그 결과물들을 발표해온 조직으로써 2000년에 설립되었다. 환경 친화적인 건축자재를 사용할 것을 주장하고 있으며 그와 관련된 건설 정책을 설계한다.

HBN의 미션은 유해 화학물질의 정보를 투명하게 공개하고 제품에 있어 혁신을 일깨움으로써 인간과 환경의 건강성을 증진시키는 것에 있다. 그들이 건축자재에 집중하는 이유는 대부분의 사람들이 실내에서 하루의 90% 정도의 시간을 보내는 현실에서 매일 매일 실내 환경에서 배출되는 물질에 직접적으로 노출될 수밖에 없기 때문이다. 실내 환경은 건축 자재에 사용되는 물질에 따라서 실내 거주인들에게 다양한 건강영향을 미칠 수 있는 가능성을 갖고 있다. HBN에서는 건축물에 사용되는 물질들의 유해성을 평가하고 더욱 건강한 실내환경이 조성될 수 있는 솔루션을 제안한다.

다음에서는 HBN의 건축자재별 가이드와 HomeFree의 제품별 가이드를 참고하여 각 건축자재별로 유의해야 하는 유해물질들을 정리했다. 대부분의 경우, 앞서 요약한 실내 환경에서 관리되어야 할 유해물질들 리스트와 대부분 일치하고 있다.

6) Healthy Building Network Product Guidance. <https://healthybuilding.net/products> (accessed 20 February).
7) HomeFree Product Guidance. <https://homefree.healthybuilding.net/products> (accessed 20 February).

가. 바닥재

- 비닐 소재 바닥재를 피하는 것이 좋다.
- 비닐 소재가 사용된다면 다음을 주의해야 한다.
 - 프탈레이트 함유되지 않은 제품을 사용한다. 재활용된 성분(post-consumer recycled content)이 포함되지 않은 제품을 사용한다. 재활용된 성분의 경우 재활용 된 것들이 어떤 것인지 확인되지 않을 경우 심각한 위험을 유발할 수 있으며 보통의 경우 유해물질에 대한 확인이 안된 경우가 많다.
- 고무 재질 바닥재를 사용할 경우, 재활용 성분(페타이어 분말)이 함유된 제품을 피한다.
- 과불화화합물(PFAS 성분 등) 소재로 코팅처리 되어 있거나 기름 등의 오염을 방지하는 약품 등이 처리된 소재를 피하는 것이 좋다.
- 재활용된 소재와 성분을 확인해야 한다.
- 항균 기능이 있다고 판매되는 제품 그리고 건강에 이롭다고 주장하거나 그와 같은 암시를 하는 제품을 피하는 것이 좋다.
- 되도록 환경인증을 받은 제품을 사용하는 것이 좋다(국내 상황에 맞게 의역함). 그러나 그와 같은 인증에 전적으로 의존해서는 안된다.
- 되도록 전성분이 공개된 제품을 사용하는 것이 좋다(국내 상황에 맞게 의역함).
- 세라믹 타일의 경우, 믿을만한 제조업체에서 만들어진 것을 택하도록 한다. 브라운관(cathode ray tubes)과 같은 제품을 재활용해서 만들어진 제품을 피해야 하는데, 특히 고농도의 납이 함유될 가능성이 있다.
- 카펫의 경우 불소화합물로 얼룩방지처리(stain-repellent treatments)된 제품을 피한다. 또한 카펫의 뒤판의 경우, 비닐 소재로 된 것이나 폴리우레탄 소재로 된 것, 그리고 연소 후 재로 만들어진 것들을 피한다.

나. 페인트

- Alkylphenol Ethoxylate(APE)이 함유되지 않은 제품을 선택한다.
- 휘발성유기화합물(Volatile Organic Compounds; VOCs) 함유가 적은 제품 그리고 VOC 배출이 적은 제품을 선택한다.
- 항균 기능이 있다고 판매되는 제품 그리고 건강에 이롭다고 주장하거나 그와 같은 암시를 하는 제품을 피하는 것이 좋다.
- 되도록 전성분이 공개된 제품을 사용하는 것이 좋다(국내 상황에 맞게 의역함).

다. 건식벽체(drywall, 석고판 등)

- 천연 석고(natural gypsum)로 만들어진 제품을 선택한다.
- 재사용(pre-consumer) 재질 함유가 최대한 낮은 제품을 선택한다. 재사용 재질을 피하라는 이유는 배연 탈황석고(flue-gas desulfurization gypsum; FGD)를 사용한 제품이 재사용 재질의 제품으로 분류될 수 있는데 이 경우 제조 과정에서 수은이 방출될 가능성이 있기 때문이다. 물질안전보건자료 등을 참고해서 재질을 확인할 수 있다.
- 굳이 필요하지 않다면, 항균 성분이 포함된 제품을 피한다.
- 되도록 환경인증을 받은 제품을 사용하는 것이 좋다(국내 상황에 맞게 의역함).
- 되도록 경량의 보드(lightweight boards)를 사용한다. 이는 실내 환경에서 예상되는 위험보다는 제조과정에서의 에너지 절감과 효율성을 증진시키는 것에 목적이 있다.
- 되도록 전성분이 공개된 제품을 사용하는 것이 좋다(국내 상황에 맞게 의역함).

라. 조리대(countertop)

- 조리대는 조립형 제품(system of products)을 고려한다. 상판, 접착제, 그리고 표면 처리 등을 별도로 주기적으로 처리할 수 있는 제품을 고려한다.
- 조리대를 설치한 후에는 밀폐제 처리가 필요 없는 제품을 선택한다. 밀폐제에는 유해 성분들이 함유되어 있을 가능성이 있기 때문이다. 예를 들어, 가공된 석재, 대리석, 혹은 고형으로 만들어진 판을 사용하는 제품을 선택한다.
- 플라스틱 적층판(Plastic laminate)을 사용하게 된다면 그 재질이 포름알데히드를 방출하지 않는 것으로 만들어졌는지를 확인해야 한다. 혹은 포름알데히드 방출량이 최소화된 제품을 선택하도록 한다.
- 되도록 환경인증을 받은 제품을 사용하는 것이 좋다(국내 상황에 맞게 의역함).
- 재활용 재질이 함유된 제품을 사용하는 경우에는 재활용 원료가 무엇인지를 확인하고 유해물질에 대한 확인이 된 제품인지를 먼저 평가해 두어야 한다.
- 항균 기능이 있다고 판매되는 제품 그리고 건강에 이롭다고 주장하거나 그와 같은 암시를 하는 제품을 피하는 것이 좋다.
- 되도록 전성분이 공개된 제품을 사용하는 것이 좋다(국내 상황에 맞게 의역함).

마. 수납장 및 목공제품(Cabinetry & Millwork)

- 복합목재(composite wood)를 사용하는 것보다는 원목제품(solid wood products)을 선택한다.
되도록 복합목재보다는 합판을 사용하도록 한다.
- 복합목재를 사용하는 경우에는 그 재질이 포름알데히드를 방출하지 않는 것으로 만들어졌는지를 확인해야 한다. 혹은 포름알데히드 방출량이 최소화된 제품을 선택하도록 한다.
- 되도록 공장에서 제조된 완제품을 사용하도록 한다.
- 표면처리의 경우 플라스틱 적층이나 thermofoil(플라스틱 소재 등의 재료에 열을 가하고 진공을 이용해 목재 표면 위에 호일과 같은 매끄러운 층을 만드는 것) 보다는 원목 혹은 베니어합판을 사용하도록 한다.
- 되도록 전성분이 공개된 제품을 사용하는 것이 좋다(국내 상황에 맞게 의역함).

바. 문

- 복합목재(composite wood)를 사용하는 것보다는 원목제품(solid wood products)을 선택한다.
- 복합목재를 사용하는 경우에는 그 재질이 포름알데히드를 방출하지 않는 것으로 만들어졌는지를 확인해야 한다. 혹은 포름알데히드 방출량이 최소화된 제품을 선택하도록 한다.
- 되도록 공장에서 제조된 완제품을 사용하도록 한다.
- 항균처리제가 함유된 제품은 피한다.
- 모서리 마감(edge-banding)할 때는 비닐 소재보다는 베니어합판을 사용하도록 한다.

사. 단열

- 유리섬유 보온재(fiberglass batt insulation)를 사용할 경우 스펙을 확인해서 포름알데히드가 없는 제품을 사용한다.
- 가능하다면, 고풍판 단열재(rigid board insulation) 사용을 피한다. 만약 고풍판 단열재를 사용해야 한다면, 암면보드(mineral wool board)를 사용하고 환경인증기준을 만족하는지 확인한다(국내 상황에 맞게 의역함).
- 만약 플라스틱 폼을 이용한 단열이 이루어질 경우라면, 할로겐 성분이 없는 제품을 사용한다. 코르크 단열재(expanded cork insulation)와 같은 소재로 업그레이드 할 수 있는지를 고려한다.
고정장치 등을 사용하는 물리적 설치 방식을 택하도록 한다. 불필요한 접착제 사용을 피하기 위해서 가능하다면 물리적 방식을 택한다.
- 가능하다면, 폴리우레탄 폼을 분사하는 방식은 피하도록 한다.
되도록 전성분이 공개된 제품을 사용하는 것이 좋다(국내 상황에 맞게 의역함).

아. 바닥재 시공

- 되도록 접착제를 사용하지 않도록 한다. 혹은 포장을 벗겨내서 바로 부착시킬 수 있는(peel and stick) 방식의 제품을 사용하도록 한다. 이런 제품의 경우 접착제처럼 현장에서 반응하고 VOC 등이 배출되지 않는 장점이 있다.
- 에폭시 계열이나 폴리우레탄 계열의 접착제를 피한다.
- 습식 접착제를 사용해야 하는 경우라면, VOC 함량과 배출량이 낮은 제품을 사용하도록 한다.
- 되도록 전성분이 공개된 제품을 사용하는 것이 좋다(국내 상황에 맞게 의역함).

자. 밀폐제(sealant)

- 프탈레이트가 함유된 제품을 피한다.
- 폼 분사형 밀폐제보다는 주입형(튜브형태) 밀폐제를 사용한다. 폼 분사형의 경우 이소시아네이트와 같이 천식을 일으킬 수 있는 물질이 함유될 가능성이 높기 때문이다.
- 폼 분사형 밀폐제를 사용해야 한다면, 현장에서 반응하는 방식의 제품은 피한다. 테이프 형태(Foam Sealant Tape)의 제품을 사용할 수도 있다.
- 항균 기능이 있다고 판매되는 제품 그리고 건강에 이롭다고 주장하거나 그와 같은 암시를 하는 제품을 피하는 것이 좋다.
- 되도록 전성분이 공개된 제품을 사용하는 것이 좋다(국내 상황에 맞게 의역함).
- 전성분 공개가 안된 제품일 경우, VOC 함량이 낮고 아크릴 기반의 밀폐제(acrylic-based sealants)를 사용하도록 한다.

차. 배관(water pipes)

- 구리 배관을 사용하도록 하고 납땜, 플렉스, 그리고 다른 충전 금속(filler metals) 등을 사용하지 않은 제품을 사용하도록 한다.
- 만약 공급수의 pH가 낮다면(<6.5) 구리 배관 사용을 피한다.
- 만약 플라스틱 소재 배관을 사용해야 한다면, 폴리프로필렌(polypropylene; PP) 혹은 고밀도 폴리에틸렌 [high density polyethylene; HDPE] 소재의 제품을 사용하도록 한다.
- 폴리염화비닐(polyvinyl chloride; PVC)과 염소화PVC(chlorinated polyvinyl chloride; CPVC) 재질의 제품은 사용하지 않도록 한다.
- 되도록 전성분이 공개된 제품을 사용하는 것이 좋다(국내 상황에 맞게 의역함).

4. 건강한 어린이 보육환경 조성을 위한 건축 가이드

가. 건축자재 선정기준(친환경 인증 제품 활용)

환경호르몬으로부터 안전한 어린이 보육환경을 만들기 위해서는 환경호르몬이 없거나 최소화된 건축자재를 사용해야 한다. 환경부에서는 친환경 인증제도를 운영하고 있고 제품별로 인증기준을 만들어 해당 인증을 획득한 제품들을 소개하고 있다. 친환경 인증기준에는 앞서 정리했던 건축자재에 사용하지 말아야 하는 금지물질들이 다수 포함되어 있다.

예를 들어, 친환경 인증을 받는 제품들 중에서 건축자재에 해당하는 바닥장식제, 벽지, 벽 및 천장 마감재, 그리고 페인트 등에 적용되는 ‘환경표지 인증 기준’은 다음과 같다.

- 실내용 바닥 장식재(EL246:2020)

프탈레이트*, 석면, 방사능, 난연제, 중금속, 폼알데하이드, VOCs 방출 등 항목

- 벽지(EL242:2016)

프탈레이트, 난연제, 염화비닐 단량체, 중금속, 폼알데하이드, VOCs 방출 등 항목

- 벽 및 천장 마감재(EL248:2016)

프탈레이트, 석면, 방사능, 난연제, 중금속, 폼알데하이드, VOCs 방출 등 항목 다양

- 페인트(EL241:2020)

중금속 함량, 폼알데하이드, VOCs 방출

각 제품에 적용되는 기준을 구분해서 정리하면 다음 표와 같다.

* 유효자원 재활용 제품으로써의 바닥재의 경우 프탈레이트의 함량 기준이 3.0 % 이하임. 비록 상부층에는 사용금지가 되어있지만 프탈레이트 가소제 미사용 제품 기준(총 함량 0.1 % 이하)에 비해 매우 높음. 따라서 재활용 제품은 고려하지 않는 것으로 함.

[건축 자재 선정 기준안]

항목	Reference	건축자재	내용
유해물질 기준	환경부 환경표지 인증기준	실내용 바닥 장식재 벽지 마감재 페인트 등	검토1: 환경관련 기준/환경성 항목/ 환경개선효과로써 “유해물질 사용 감소” 항목에서 인증
			검토2: 환경관련 기준/환경성 항목/ 환경개선효과로써 “실내 공기오염물질 배출 감소” 항목에서 인증
유해물질 기준	‘2021 친환경 건설자재정보’ 참고	한국환경산업기술원 발간	
	친환경건설자재 정보시스템 참고	http://gmc.greenproduct.go.kr	

환경부로부터 친환경 환경표지 인증을 획득한 제품을 사용함으로써 유해물질 노출을 줄일 수 있는 효과를 기대할 수 있다. 이를 위해 다음의 기준에 따라 환경호르몬이 없는 건축 자재를 선정한다.

- ① 환경산업기술원에서 친환경 인증을 받은 건축자재 리스트를 참고(환경산업기술원이 제공하는 친환경 건설자재 정보의 목록 참고; http://gmc.greenproduct.go.kr)
- ② 친환경인증 항목 검토(인증 사유)
- ③ 인증에 제출된 시험성적서 검토
- ④ 친환경인증 기준 이외의 금지 권고 물질 검토
- ⑤ 추가 금지 권고 물질들에 대한 시험성적서 검토(가능할 경우)
- ⑥ 현장 적용 및 가격 검토

자재별로 환경호르몬으로부터 안전한 건축자재를 선정하기 위한 세부적인 절차는 아래 그림과 같다. 우선, 친환경인증 항목 중에서 유해물질 사용 감소 항목을 검토한다. 이후 실내 공기오염물질 배출 감소 항목을 검토한다. 국내 친환경인증 기준에 포함되어 있지 않지만 국내외 전문 기관들에서 제안하고 있는 금지 대상 물질들이 함유되어 있는지 추가적으로 검토한다. 추가적으로 검토하는 물질의 함유여부는 해당 물질에 대한 시험 성적서 등을 참고한다.

[환경호르몬 없는 건축자재 검토과정]

바닥재, 벽지, 마감재, 페인트 등



나. 친환경 인증 대상 제품 이외 건축자재

친환경 인증 대상 제품 이외의 건축자재의 경우, HBN에서 권고하는 건축 자재 제품별로 제안된 금지물질 목록을 참고해서 해당 물질들이 함유되지 않았다고 확인된 제품들을 사용하도록 한다. 이를 위해 제품 제조자로부터 구매 대상 제품에 대한 물질안전보건자료(Material Safety Data Sheet; MSDS)와 시험성적서 등을 요구해서 금지 대상 물질이 함유되어 있는지를 참고할 수 있다.

환경호르몬 없는
아동 친화
공간 만들기
사업

최종보고서

환경호르몬 없는

아동 친화 공간 만들기 사업

최종보고서

