

네트워크 메타분석을 활용한 환경교육 프로그램 효과 연구

곽성희 · 허 군†

국립부경대학교(학생) · †국립부경대학교(교수)

A Network Meta-Analysis of the Effectiveness of Environmental Education Programs

Sung-Hee KWAK · Gyun HEO†

Pukyong National University(student · †professor)

Abstract

This study aimed to examine the overall effectiveness of early childhood environmental education programs on young children's environmental attitudes and to compare the relative effectiveness of different program types using a network meta-analysis. Sixteen Korean empirical studies were included, and the programs were categorized into General Class(N0), Media-literacy-based(N1), Nature/Experience-based(N2), Maker/Production-based(N3), and Project/Problem-solving-based(N4). The results indicated that environmental education programs had a significantly greater effect than general classes, with an overall effect size of $SMD=2.0686(95\% CI=1.3195\sim 2.8176)$. Maker/Production-based and Nature/Experience-based programs showed relatively higher effectiveness. Consistency analysis confirmed agreement between direct and indirect estimates, and sensitivity and influence analyses supported the stability of the findings.

Key words : Preschool-aged children, Environmental education, Environmental attitude, Network meta-analysis

I. 서론

최근 기후위기와 생태환경의 변화가 사회 전반의 중요한 과제로 대두되었다. 기후위기와 생태 환경 문제는 환경 지식의 부족이 아니라 환경을 인식하고 판단하며 행동으로 연결하는 태도와 가치의 문제라는 점에서 체계적인 환경교육 프로그램을 통한 교육적 개입의 필요성이 제기되고 있다. 특히 유아기는 환경에 대한 경험과 정서적 반응이 축적되며 가치와 태도가 점진적으로 형성·조직되는 중요한 발달단계이다. 본 연구에서 분석한 선행연구들 역시 유아 환경교육의 핵심 목표를 직접적 경험, 정서적 공감, 태도와 실천의

지의 형성 등으로 제시하고 있으며, 이 시기에 제공되는 환경교육은 환경에 대한 긍정적 인식과 친환경적 행동 성향을 형성하는 데 중요한 역할을 한다(Kim, 2015; Kim and Kim, 2023). Song(2018)은 환경태도를 유아가 환경 문제를 인식하고 이를 긍정적으로 받아들이는 정서·태도적 성향으로 설명하였다.

기존의 연구에서는 유아를 대상으로 한 다양한 환경교육 프로그램(자연체험, 지속가능발전 교육, 기후변화 교육, 업사이클링 메이커 활동, 재활용품 활동, 환경미술 활동, 자연물 활용 활동 등)이 유아의 환경친화적 태도, 환경보전태도, 자연감수성 향상에 유의한 효과가 있음을 보고하고 있다

† Corresponding author : 051-629-5970, gyunheo@pknu.ac.kr

* 이 논문(또는 저서)은 국립부경대학교 자율창의학술연구비(2025년)에 의하여 연구되었음.

(Yoon and Lee, 2017; Ju and Kim, 2018; Yoon and Bang, 2017; Seo and Kim, 2023; Shin, 2021). 그러나 다양한 환경교육프로그램 유형 간 상대적 효과의 동시 비교는 한계가 있어(Cipriani, 2013), 네트워크 메타분석을 통해 직접·간접 비교와 통합으로 기존 메타분석과 차별화된 비교 근거를 제시한다(White, 2015). 특히 유아 환경교육처럼 프로그램 유형이 다양하고 직접비교 연구가 제한적인 분야에서 네트워크 메타분석은 효과를 종합적으로 해석할 수 있다.

이에 본 연구는 국내에서 실시된 유아 환경교육 프로그램을 대상으로 네트워크 메타분석을 실시하고자 한다. 이를 위한 연구문제는 다음과 같다.

첫째, 유아 대상 환경교육 프로그램의 네트워크 구조는 어떠한가?

둘째, 유아 대상 환경교육 프로그램의 직접 및 간접효과는 어떠한가?

셋째, 유아 대상 환경교육 프로그램의 조절효과는 어떠한가?

II. 연구 방법

1. 연구대상 논문 선정

본 연구는 유아를 대상으로 한 환경교육 프로그램이 환경태도에 미치는 효과를 통합적으로 검증하기 위하여 네트워크 메타분석을 수행하였다. 문헌 검색에 앞서 연구대상 문헌 선정기준을 명확히 하기 위해 PICOS기준(Littell, Corcoran and Pillai, 2019)을 적용하였다.

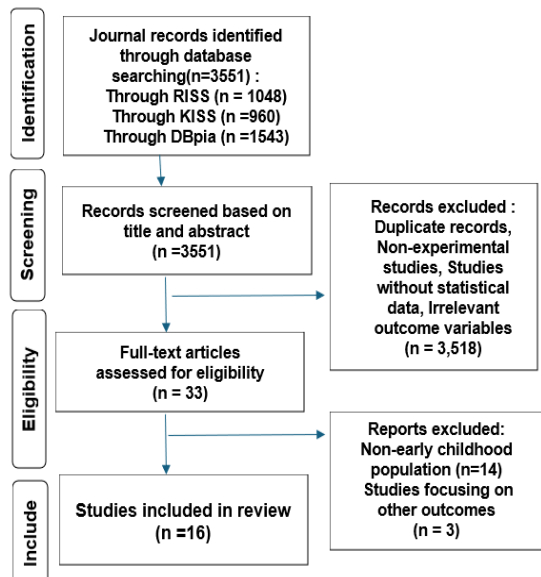
본 연구에서는 유아교육현장에서 환경교육 프로그램의 효과를 산출하고자, 2015년 1월부터

2024년 12월까지 10년간 학술지에 발표된 연구를 대상으로 하였다. 자료 수집은 한국교육학술정보원, 학술데이터베이스서비스, 한국학술정보의 세 가지 학술 데이터베이스를 활용하였다. “환경교육 and 태도”로 키워드 검색을 실시한 결과 총

3,551편의 관련 논문이 검색되었다. 이후 네트워크 메타분석 기준에 적합한 논문을 찾기 위해 중복논문을 제외하고, 연구대상이 유아가 아닌 연구, 실험연구가 아닌 연구, 결과변수가 다른 연구, 단일집단 연구, 통계치를 보고하지 않은 연구를 제외하고 16편이 최종 선정되었다.

<Table 1> PICOS-Based Study Selection Criteria

Selection Criteria	Details
population	Children aged 3-5 years attending kindergartens or daycare centers
Intervention	Environmental education programs aimed at improving environmental attitudes
Comparison	Groups receiving general instruction based on the Nuri Curriculum or theme-centered life-subject classes
Outcomes	Studies reporting changes in environmental attitudes measured through pre- and post-tests
Study Design	Experimental studies comparing two groups (experimental vs. comparison) using pre- and post-test designs



[Fig. 1] Prisma flow diagram of study selection.

2. 분석 방법

효과크기 산출을 위한 자료 입력은 논문제목, 저자명, 발표연도, 연구대상 기관, 대상연령, 표본수(N), 측정도구, 프로그램유형, 사전·사후 평균(M)과 표준편차(SD), 통계값, 연구설계 유형 등을 포함하여 코딩하였다. 코딩의 일관성을 확보하기 위해 연구자가 두 차례 독립적인 코딩을 수행하였으며, 코딩 결과 간 불일치는 원문 재검토 후 연구자 간 협의를 통해 최종 코딩 값을 확정하였다.

본 연구에서 환경교육 프로그램 유형을 네 가지로 분류하였다. 환경교육이 포함되지 않은 일반수업(N0), 미디어·리터러시기반 환경교육프로그램(N1), 체험·자연기반 환경교육프로그램(N2), 제작·메이커기반 환경교육프로그램(N3), 프로젝트·문제해결기반 환경교육프로그램(N4)로 구분하였다. 이러한 구분은 선행연구, 교수·학습 접근 방식, 교육 활동 핵심 특성을 종합적으로 고려하였다. 분류 과정에서 모호한 경우에는 연구자 간 협의를 통해 최종 유형을 결정하였다.

효과크기의 산출은 표준화 평균차(Standardized Mean Difference, Hedge's *g*)를 사용하였다. 효과크기는 실험집단과 비교집단 각각의 사전·사후 평균 변화점수를 계산한 후, 두 집단 간의 변화량의 차이를 기준으로 산출하였다.

분석은 네트워크 메타분석을 기반으로 R 4.5.2 버전에서 netmeta패키지를 사용하였다. 구체적으로, Pairwise 메타분석과 네트워크 메타분석을 활용하였다. 네트워크 구조 확인, 직접효과와 간접효과 분리, 출판검증, 하위집단 분석 및 조절변수 효과 확인, 메타회귀(meta-regression) 등을 수행하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 네트워크 구조와 네트워크 연결성

유아 환경태도에 대한 환경교육프로그램의 상대적 효과 비교 가능성을 확인하기 위해 네트워크 구조와 연결성을 분석한 결과, <Table 2>와

같이 일반수업(N0)이 12편으로 가장 높은 비율을 차지하여 비교 기준으로 가장 많이 활용되었다. 미디어·리터러시기반(N1)은 5편, 체험·자연기반(N2)은 4편, 제작·메이커기반(N3)은 8편, 프로젝트·문제해결기반(N4)은 3편으로 나타났다. 또한 <Table 3>에 제시된 비교 빈도에서 제작·메이커기반 프로그램(N3)과 일반수업(N0)의 비교가 6회로 가장 빈번하게 나타났으며, N4-N0 비교가 3회, N2-N0 비교가 2회, N2-N1 비교가 2회, N3-N1 비교가 2회, N1-N0 비교가 1회 이루어져 직접비교와 간접비교가 모두 가능한 구조를 형성하였다. 일반수업(N0)을 중심으로 N1, N2, N3, N4가 모두 연결된 구조를 보이며, 특히 N3이 N0와 가장 강하게 연결되어 네트워크 중심 연결축으로 기능하고 있음을 보여준다. 본 연구의 네트워크는 비교적 충분한 연결성을 확보하고 있어 프로그램 유형 간 상대적 효과 비교를 수행하기에 적합한 구조를 갖추고 있음을 확인할 수 있다.

<Table 2> Number of Studies by Program Type

Program Type	code	Number of Studies(k)
General Non-environmental class	N0	12
Media-literacy based environmental education	N1	5
Nature- and experience-based environmental education	N2	4
Maker-/production-based environmental education	N3	8
Project-/problem-solving-based environmental education	N4	3

<Table 3> Connectivity Between Program Types

Comparison Pair	Frequency (n)
N3 vs. N0	6
N4 vs. N0	3
N2 vs. N0	2
N2 vs. N1	2
N3 vs. N1	2
N1 vs. N0	1

2. 환경교육 프로그램 유형별 효과크기와 상대효과 비교

유아의 환경태도를 향상시키는 데 있어 환경교육 프로그램의 전반적인 효과와 프로그램 유형간 상대적 효과 차이를 확인하기 위해 효과크기를 비교하였다. 그 결과, <Table 4>에서 제시된 바와 같이 전체 네트워크 메타분석의 종합 효과크기는 SMD=2.0686(95% CI=1.3195~2.8176)로 나타나 환경교육 프로그램이 일반수업에 비해 유아의 환경태도를 유의하게 증진시키는 것으로 확인되었다. 프로그램 유형별로 살펴보면, <Table 5>과 같이 체험·자연기반(N2)은 MD=2.3043, 제작·메이커기반(N3)은 SMD=2.5664로 통계적으로 유의한 향상 효과를 보였다. 미디어·리터러시기반(N1)은

SMD=0.4332, 프로젝트·문제해결기반(N4)은 SMD=1.4648로 유의한 차이가 없었다.

<Table 6>의 League Table을 통해 프로그램 유형간 상대비교를 확인한 결과, 제작·메이커기반(N3)은 일반수업(N0), 미디어·리터러시기반(N1), 프로젝트·문제해결기반(N4)에 비해 유의하게 높은 효과를 보였으나, 체험·자연기반(N2)과는 유의한 차이를 보이지 않아 두 프로그램의 효과 수준이 유사하게 나타났다. 이러한 결과는 P-score Ranking에서도 동일하게 확인되었다. 제작·메이커기반(N3)이 0.8547로 가장 높은 결과를 보였고, 체험·자연기반(N2)이 0.7755, 프로젝트·문제해결기반(N4) 0.5393, 미디어·리터러시기반 (N1) 0.2340, 일반수업(N0)가 0.0965의 순으로 나타났다.

<Table 4> Overall effect size and heterogeneity (random-effects network meta-analysis)

Model	k	ES (estimate)	SE	95% CI	Q(df)	Q _p	I ²	τ ²	τ
Random model	16	2.0686	0.3822	1.3195~2.8176	122.70(15)	<.0001	93.41	2.1285	1.4590

<Table 5> Treatment Effects Compared to General Class (N0) (Random-Effects Network Meta-analysis)

Program Type	SMD	95% CI	z	p
General · Non-environmental class	-	-	-	-
Media-literacy based environmental education	0.4332	-1.3181~2.1846	0.48	0.6278
Nature- and experience-based environmental education	2.3043	0.4511~4.1575	2.44	0.0148
Maker-/production-based environmental education	2.5664	1.3096~3.8232	4.00	<.0001
Project-/problem-solving-based environmental education	1.4648	-0.4273~3.3570	1.52	0.1292

<Table 6> League Table

Comparison (Column vs Row)	N0	N1	N2	N3	N4
N0	-	0.43 [-1.32~2.18]	2.30 [0.45~4.16]	2.57 [1.31~3.82]	1.46 [-0.43~3.36]
N1	-	-	-1.87 [-3.74~0.00]	-2.13 [-3.89~0.38]	-1.03 [-3.61~1.55]
N2	-	-	-	-0.26 [-2.32~1.80]	0.84 [-1.81~3.49]
N3	-	-	-	-	1.10 [-1.17~3.37]
N4	-	-	-	-	-

종합하면, 유아의 환경태도 증진에 가장 효과적인 프로그램은 제작·메이커기반 및 체험·자연기반으로 나타났으며, 이는 직접적인 경험과 적극적 참여를 중심으로 한 접근이 유아의 환경태도 형성에 효과적으로 작용함을 알 수 있다.

3. 직접효과와 간접효과의 일관성 검증

직접효과와 간접효과의 일관성을 검토하기 위해 환경교육 프로그램 유형 간 치료효과 분해와 불일치 분석을 수행하였다. 네트워크 메타분석에서 일관성이란 동일한 두 중재 간 효과가 직접비교와 간접 비교를 통해 추정된 효과가 통계적으로 유사한지를 의미하며, 직접효과와 간접효과가 일관성을 보인다는 것은 프로그램 유형 간 상대적 효과 비교가 신뢰 가능함을 보여준다. 그 결과, <Table 7>에서 제시된 바와 같이 네트워크 효과(TE.nma)와 직접효과, 간접효과는 전반적으로 유사한 크기와 방향을 보였다.

미디어·리터러시기반(N1)과 일반수업(N0)의 비교에서 네트워크 효과는 SMD=0.4332, 직접효과 SMD=0.6100, 간접효과는 SMD=0.3600으로 나타나 세 추정치가 모두 유아의 환경태도 향상이라는 동

일한 방향을 가리키며 크기에서도 큰 차이를 보이지 않았다. 체험·자연기반(N2)과 일반수업(N0)의 비교에서도 네트워크 효과 SMD=2.3043, 직접효과 SMD=2.0731, 간접효과 SMD=2.7338로, 제작·메이커기반(N3)과 일반수업(N0)의 비교에서도 네트워크 효과 SMD=2.5664, 직접효과 SMD=2.6162, 간접효과 SMD=2.2785로 나타나 세 추정치가 모두 높은 효과를 나타냈다. 반대로 N1과 N3, N1과 N2의 비교에서는 네트워크 효과가 각각 SMD=-2.1332, SMD=-1.8711로 음의 값을 보여 N3와 N2가 N1보다 우수하다는 점에서 직접효과(예: N1 vs. N3에서 SMD=-1.9883, N1 vs. N2에서 SMD=-2.1132) 및 간접효과(각각 SMD=-2.3260, SMD=-1.4526)와 방향성이 일치하였다. 일부 비교(N1 vs. N4, N2 vs. N3, N2 vs. N4, N3 vs. N4 등)는 직접비교 근거가 존재하지 않고 간접효과만으로 네트워크 효과가 추정되었다. 이러한 간접효과는 매개 중재를 통한 추정에 기반하므로 직접 비교 결과에 비해 불확실성이 존재할 수 있어 네트워크 전체 구조 및 다른 비교 결과와의 일관성 속에서 신중하게 해석해야 한다. 본 연구에서는 전체 네트워크에서 효과가 많이 다른 비교와 연결되고 있어 간접효과가 네트워크 메타분석에서 갖는 정보적 가치가 크다는

<Table 7> Direct, Indirect, and Network Effects Table (Random-Effects Model)

Comparison	Network Effect(TE.nma)	TE Direct Effect	TE Indirect Effect
N1 vs. N0	0.4332	0.6100	0.3600
N1 vs. N2	-1.8711	-2.1132	-1.4526
N1 vs. N3	-2.1332	-1.9883	-2.3260
N1 vs. N4	-1.0316	-	-1.0316
N2 vs. N0	2.3043	2.0731	2.7338
N2 vs. N3	-0.2621	-	-0.2621
N2 vs. N4	0.8395	-	0.8395
N3 vs. N0	2.5664	2.6162	2.2785
N3 vs. N4	1.1016	-	1.1016
N4 vs. N0	1.4648	1.4648	-

TE values are standardized mean differences (SMD).

Positive value = first treatment superior. Negative value = first treatment inferior.

<Table 8> Local Inconsistency Results

Comparison	k	Direct Evidence Proportion	NMA Estimate	Direct Effect	Indirect Effect	Difference (Direct - Indirect)	z	p-value
N1 vs. N0	1	0.27	0.5656	0.6100	0.5488	0.0612	0.04	0.9673
N2 vs. N0	4	0.78	2.5999	2.5856	2.6510	-0.0654	-0.05	0.9630
N3 vs. N0	6	0.84	2.5356	2.5373	2.5271	0.0101	0.01	0.9941
N1 vs. N2	2	0.56	-2.0343	-2.0634	-1.9980	-0.0654	-0.05	0.9630
N1 vs. N3	2	0.55	-1.9700	-1.9654	-1.9654	0.0101	0.01	0.9941

(SIDE: Node-Splitting Analysis)

<Table 9> Global Inconsistency Results

Analysis Model	Statistic	Q(df)	p-value
Overall heterogeneity	Total Q	112.6644(12)	<.0001
Within-design heterogeneity	Within designs	112.2134(10)	<.0001
Between-design inconsistency	Between designs	0.4510(2)	0.7981

(Design-by-Treatment Interaction Model)

것을 확인할 수 있다. <Table 8>의 국소(local) 불일치 검정에서도 N1 vs. N0(z=0.04, p=.9673), N2 vs. N0(z=-0.05, p=.9630), N3 vs. N0(z=0.01, p=.9941), N1 vs. N2(z=-0.05, p=.9630), N1 vs. N3(z=0.01, p=.9941) 등 모든 비교에서 직접효과와 간접효과의 차이가 통계적으로 유의하지 않았다. 글로벌(global) 수준에서도 <Table 9>에서 Total Q가 112.6644(df=12, p<.0001)로 전체 이질성은 존재하지만, 이는 주로 설계 내 이질성(Within-design Q=112.2134, df=10, p<.0001)에 기인하고 설계 간 불일치(Between-designs Q=0.4510, df=2, p=.7981)는 유의하지 않아 연구설계 유형에 따른 불일치는 없었다. 본 연구의 네트워크 메타분석에서는 직접효과와 간접효과가 통계적으로나 시각적으로 모두 일관성을 유지하고 있으며, 특히 직접비교 연구가 부족한 비교에서 간접효과가 안정적으로 네트워크 효과를 뒷받침하고 있어 프로그램 유형 간 상대적 효과 추정이 신뢰할 만한 수준으로 확보되었음을 확인할 수 있다.

4. 민감도, 영향력 진단 및 출판편향 분석

네트워크 메타분석 결과의 안정성과 특정 연구

에 의해 결과가 과도하게 왜곡되지 않았는지를 확인하기 위해 민감도 분석과 영향력 분석을 실시하였다. 먼저 Leave-one-out 민감도 분석 결과, <Table 10>에서 제시된 바와 같이 어느 한 연구를 제거하더라도 전체 효과크기 추정치는 SMD=1.80~2.21 범위 내에서 유지되었으며, 95% 신뢰구간 또한 모두 유의 수준을 벗어나지 않았다. 또한 Q값과 I² 값 역시 큰 변동을 보이지 않아(I²= 89.07% ~94.00%), 전체 효과가 특정 개별 연구에 의해 좌우되지 않는 비교적 안정적인 분석 구조임을 확인하였다. 추가로 개별 연구의 영향력을 검토하기 위하여 영향력 진단을 수행한 결과, <Table 11>에서 확인되듯이 rstudent, DFFITS, Cook's D, Covariance ratio, τ^2 (deleted) 지표 전반에서 대부분의 연구가 기준을 벗어나지 않았지만 일부 연구(study 5, study 15)가 상대적으로 높은 영향력을 보였는데 이 연구들은 공통적으로 표본 규모가 상대적으로 작거나, 효과크기가 크게 보고된 연구라는 특성을 지닌다. 해당 연구를 제거하였을 때 전체 효과 추정치가 크게 변하지 않았으며, 전체 네트워크 구조의 방향성 또한 유지되고 있어 영향력 있는 이상치가 결과를 왜곡하고 있다고 보기는 어려웠다.

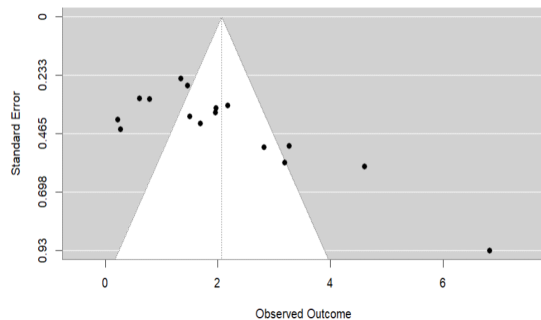
<Table 10> Leave-one-out sensitivity analysis (random-effects model)

study removed	Estimate	SE	95% CI	Q	τ^2	I ²
- study 1	2.1609	0.4008	1.3753 ~ 2.9464	115.5784	2.1936	93.4171
- study 2	2.0246	0.4062	1.2286 ~ 2.8207	117.0583	2.2693	93.9633
- study 3	2.1863	0.3886	1.4247 ~ 2.9479	113.1886	2.0563	93.2957
- study 4	2.1144	0.4105	1.3097 ~ 2.9190	122.6058	2.3152	93.9175
- study 5	1.8028	0.2976	1.2195 ~ 2.3861	90.9039	1.1560	89.0713
- study 6	2.1265	0.4101	1.3228 ~ 2.9302	121.2609	2.3024	93.2989
- study 7	2.1907	0.3867	1.4328 ~ 2.9486	110.2819	2.0320	93.1546
- study 8	2.1713	0.3969	1.3934 ~ 2.9493	112.1151	2.1474	93.2739
- study 9	2.0684	0.4127	1.2596 ~ 2.8773	119.9330	2.3392	93.8817
- study 10	2.0831	0.4128	1.2740 ~ 2.8923	121.6773	2.3417	93.9109
- study 11	2.1011	0.4115	1.2946 ~ 2.9077	122.6659	2.3288	94.0021
- study 12	1.9929	0.3992	1.2104 ~ 2.7753	111.9786	2.1852	93.7410
- study 13	2.0006	0.4004	1.2159 ~ 2.7853	115.1081	2.2036	93.8410
- study 14	2.1184	0.4111	1.3126 ~ 2.9241	122.3387	2.3162	93.5191
- study 15	1.8952	0.3593	1.1910 ~ 2.5994	96.9296	1.7391	92.3341
- study 16	2.0841	0.4127	1.2753 ~ 2.8929	121.8552	2.3405	93.9491

<Table 11> Influence Diagnostics for Individual Studies

Study	rstudent	Dffits	Cook's D	Cov. Ratio	QE(deleted)	τ^2 (deleted)	Influence
study 1	-0.8790	-0.2381	0.0583	1.0998	115.5784	2.1936	
study 2	0.4856	0.1117	0.0132	1.1294	117.0583	2.2693	
study 3	-1.2371	-0.3130	0.0949	1.0338	113.1886	2.0563	
study 4	-0.3812	-0.1153	0.0144	1.1539	122.6058	2.3152	
study 5	3.4613	0.8463	0.4836	0.6064	90.9039	1.1560	★
study 6	-0.4925	-0.1459	0.0230	1.1512	121.2609	2.3024	
study 7	-1.2887	-0.3266	0.1022	1.0237	110.2819	2.0320	
study 8	-1.0059	-0.2678	0.0723	1.0786	112.1151	2.1474	
study 9	0.0681	0.0003	0.0000	1.1659	119.9330	2.3392	
study 10	-0.0714	-0.0365	0.0015	1.1668	121.6773	2.3417	
study 11	-0.2500	-0.0817	0.0073	1.1593	122.6659	2.3288	
study 12	0.7872	0.1957	0.0392	1.0910	111.9786	2.1852	
study 13	0.7238	0.1752	0.0316	1.0974	115.1081	2.2036	
study 14	-0.4121	-0.1252	0.0170	1.1570	122.3387	2.3162	
study 15	1.8140	0.4940	0.2058	0.8838	96.9296	1.7391	★
study 16	-0.0811	-0.0389	0.0017	1.1658	121.8552	2.3405	

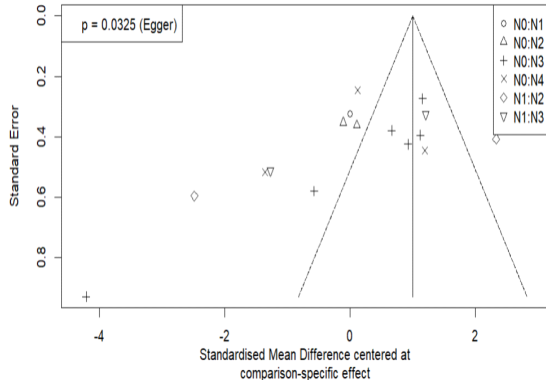
출판편향 가능성을 확인하기 위해 Funnel Plot과 회귀 검증을 실시하였다. [Fig. 2]에서는 효과크기가 큰 방향으로 일부 점들이 분포하는 비대칭



[Fig. 2] Funnel Plot.

성이 관찰되었으며, 비교별 보정이 반영된 [Fig. 3]에서도 유사한 결과가 나타났다. 이에 대한 통계적 검증 결과, Egger 회귀분석에서 회귀계수는 ES=0.3102, z=5.1915, p<.0001로 출판편향 가능성이 통계적으로 유의하게 나타났다. 이후 Trim-and-Fill 분석결과 추가적으로 보정된 연구 수(ST=0)가 나타나지 않았으며, 보정 후에도 역시 SMD=2.0695 (95% CI=1.320~2.818)로 본 연구의 종합 효과 추정치와 동일한 수준을 유지하였다. 이는 funnel plot의 비대칭이 소표본 연구의 분포 특성에 기인했을 것으로 해석되며 실제 효과의 과대평가 되었을 가능성은 낮은 것으로 판단된다. 출판편향 조정 후에도 프로그램 효과의 유의성과 상대적 순위가 변하지

않았으므로 출판편향이 연구 결과에 미치는 영향은 제한적인 것으로 해석된다.



[Fig. 3] Comparison-Adjusted Funnel Plot.

5. 조절변수에 따른 하위집단 효과 및 메타 회귀분석

환경교육 프로그램의 효과가 연구 특성에 따라 달라지는지를 확인하기 위해 조절변수 분석과 메타회귀분석을 실시하였다. 조절 변수로 출판연도, 유아의 연령, 프로그램 회기수, 기관 유형을 선정하였다. 이는 유아 환경교육 효과가 연구시점, 발달단계, 개입 강도, 교육 환경에 따라 달라질 수 있다는 교육학적 논의에 근거한다(Cho and Jeon, 2021). 그 결과, <Table 12>에서 제시된 바와 같이 모든 조절변수의 회귀계수는 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다. 출판연도의 경우 $\beta = -0.0348$, $QM(1)=0.0702$, $p=.7911$ 로 나타내 시간의 흐름에 따른 효과 변화가 발견되지 않았으며, 유

아의 연령집단 역시 $QM(3)=0.6785$, $p=.8782$ 로 연령에 따른 효과 차이가 유의하지 않았다. 프로그램 회기 수 또한 $\beta=-0.0956$, $QM(1)=1.5951$, $p=.2066$ 으로 나타나 환경교육 프로그램이 몇 회기 실시되었는지가 효과크기에 유의미한 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었다. 기관유형 또한 $\beta=0.0364$, $QM(1)=0.0020$, $p=.9639$ 로 나타나 유치원, 어린이집 등 기관 유형에 따른 차이 역시 존재하지 않았다. 그러나 모든 조절모형에서 잔여이질성(QE)이 여전히 유의하게 남아 있었으며 (QE $p<.0001$), I^2 값 또한 93~95%으로 나타난 것은 환경교육 프로그램의 효과가 단순한 연구 환경이나 표본 특성보다는, 프로그램 내용, 실행 맥락, 교수·학습 활동의 질과 같은 보다 심층적인 교육과정 차원의 요인에 의해 영향을 받을 가능성을 시사한다.

IV. 결론

본 연구는 유아를 대상으로 한 환경교육 프로그램이 환경태도 형성에 어떠한 효과를 가지는지 통합적으로 규명하고, 프로그램 유형 간 상대적 효과 차이를 확인하기 위해 네트워크 메타분석을 실시하였다. 분석 결과, 환경교육 프로그램은 전반적으로 일반수업에 비해 유아의 환경태도를 유의하게 향상시키는 것으로 확인되었다.

연구문제 1의 분석 결과 유아 환경교육 프로그램은 일반수업을 중심으로 다양한 프로그램 유형이 상호 연결된 네트워크 구조를 형성하고 있으며,

<Table 12> Meta-Regression Results by Moderators

Moderator	k	Tau ²	I ² (%)	QE(df)	p(QE)	QM(df)	p(QM)	Effect of Moderator (β)
Publication Year	16	2.3222	93.83	122.41(14)	< .0001	0.0702(1)	.7911	$\beta = -0.0348$ (ns)
Child Age	16	2.6741	94.49	119.48(12)	< .0001	0.6785(3)	.8782	β (age categories) ns
Number of sessions	16	2.0781	93.15	118.88(14)	< .0001	1.5951(1)	.2066	$\beta = -0.0956$ (ns)
Institution Type	16	2.3318	93.79	121.43(14)	< .0001	0.0020(1)	.9639	$\beta = 0.0364$ (ns)

k : number of studies, ns = not significant, Tau² = unexplained heterogeneity, I² = heterogeneity test statistics, QE = residual heterogeneity, QM = moderator effect test

이는 직접비교 연구가 제한적인 상황에서도 간접 비교를 통해 프로그램 간 효과를 비교할 수 있는 분석 기반을 제공하였다. 연구문제 2의 분석 결과, 프로그램 유형 간 상대적 효과에는 차이가 나타났다. 제작·메이커기반 환경교육프로그램과 체험·자연기반 환경교육프로그램이 상대적으로 높은 효과를 보였다. 직접효과와 간접효과가 전반적으로 일관되게 유지되었고, 민감도 분석과 영향력 분석을 통해 결과의 안정성이 확인되었다. 출판편향 보정 이후에도 효과크기가 유지됨에 따라 본 연구 결과는 통계적 신뢰 가능성을 확보하였다. 연구문제 3의 조절변수 분석에서 출판연도, 연령집단, 회기 수, 기관 유형과 같은 표면적 연구 특성 변인이 효과 차이를 설명하지 못한 점은, 환경교육 프로그램의 효과가 단순한 외적 조건보다는 교육과정 구성, 학습 경험의 질, 참여 방식과 같은 프로그램 내부의 교육적 특성에 의해 영향을 받음을 시사한다.

본 연구의 제한점은 다음과 같다. 첫째, 분석대상 연구에서 사용된 유아 환경태도 측정도구와 문항특성의 차이는 효과크기 이질성에 영향을 미쳤을 가능성이 있다. 둘째, 본 연구의 표본은 주로 유치원 및 어린이 집에 재원중인 일반 유아를 대상으로 하여, 연구 별 연령범위와 표본 규모의 차이로 인해 특정 연령 집단이나 발달 수준에 따른 환경교육 효과의 차이를 충분히 분석하는 데에는 한계가 있다. 셋째, 선택 문헌의 Risk of Bias를 정량적으로 평가하지 못한 점은 한계로 남으며, 향후 연구에서는 표준화된 편향 평가 도구를 적용한 분석이 필요하다. 이를 바탕으로 향후 연구를 위한 제언은 다음과 같다. 첫째, 유아 환경교육의 효과를 단기적 사전·사후에 국한하지 않고 일정 기간 이후까지 추적하는 장기 종단 연구를 포함한 연구가 필요하다. 둘째, 환경태도 뿐 아니라 실제 친환경 행동이나 행동의도와 같은 행동 변인을 포함함으로써 환경교육이 태도에서 행동으로 이어지는 과정에 대한 확장된 관점에서 분석할 필요가 있다. 셋째, 프로그램의 교수·학습

전략, 활동구성방식, 교사 개입 수준과 같은 교육 과정 및 수업 설계 요소 등을 반영한 프로그램 질과 효과성 간의 관계를 분석해 볼 필요가 있다.

본 연구 결과를 바탕으로 국내 유아교육 환경 교육 정책 및 교육과정 운영 방향에 대한 제언을 하고자 한다. 첫째, 본 연구에서 환경교육 프로그램이 일반수업에 비해 유아의 환경태도를 유의하게 향상시키는 것으로 확인된 만큼, 환경교육을 단발성 특별활동이 아닌 누리과정 전 영역과 연계된 정규 교육과정 요소로 체계화할 필요가 있다. 둘째, 유아교육기관에서 환경교육을 효과적으로 운영하기 위해서는 교사의 전문성 강화와 실행 역량 지원이 필수적이다. 이를 위해 환경교육 전문 연수, 현장 적용 가능한 교육 자료와 교수 학습 모델 제공, 사례공유 등과 같은 교사 지원 시스템을 제도적으로 마련할 필요가 있다.

References

- Ahn GS, Huh MW and Shin AS(2018). The Effects of Discussion Activities Based on Education for Sustainable Development to Children's Sensibility of Natural Environment and Environment-friendly Attitude. *Korean Journal of Child Education & Care*, 18(3), 141~157.
<http://dx.doi.org/10.21213/kjcec.2018.18.3.141>
- An MK and Yi HJ(2023). The Effects of Climate Change Education with Crisis Picture Books on Young Children's Eco-Friendly Attitudes. *Korean Journal of Child Education & Care*, 43(8), 239~260.
<http://dx.doi.org/10.18023/kjece.2022.43.1.010>
- Cho SR and Jeon HJ(2021). Meta Analysis of Effect of Early Childhood Environmental Education Program. *The Journal Of Humanities and Social Sciences* 21. 12(3), 2949~2964
<http://dx.doi.org/10.22143/HSS21.12.3.205>
- Choi EN and Nam KW(2024). The Effects of Robot Play linked to Environmental Picture Books on the Environmentally Friendly Attitudes of 5-Year-Old Children. *The Journal of the Convergence on Culture Technology*, 10(2), 133~139.
<http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2024.10.2.133>

- Cipriani A, Higgins JPT, Geddes JR and Salanti G(2013). Conceptual and technical challenges in network meta-analysis. *Annals of Internal Medicine*, 159(2), 130~137.
<https://doi.org/10.7326/0003-4819-159-2-201307160-0008>
- Ju SY and Kim YO(2018). The effects of forest activities based on the education for sustainable development on environmental preservation knowledge and pro-environmental attitude in young children. *Journal of Child Education*, 20(2), 301~325.
<http://dx.doi.org/10.15409/riece.2018.20.2.14>
- Kim CH and Kim, SH(2024). The Effects of music and Movement Activities Using Natural Objects on Young Children's Emotional Intelligence and Eco-Friendly Attitudes. *Journal of Early Childhood Education & Educare Welfare*, 28(2), 223~251.
<http://doi.org/10.22590/ecee.2024.28.2.223>
- Kim HM(2015). The role of environmental Education connected to story sharing using picture books on respectful recognition of life and environmental attitudes. *Korean Journal of Early Childhood Education*, 17(3), 29~50.
<http://dx.doi.org/10.15409/riece.2015.17.2.29>
- Kim HY and Kim NR(2023). The Effect of Climate Change Education Activities on Young Children's Environmental Sensitivity and Environmental Conservation Attitude. *Journal of Humanities and Social Sciences* 21, 14(3), 563~576.
<http://dx.doi.org/10.22143/HSS21.14.3.40>
- Lee MO and Kim HS(2023). The Effect of Maker Activities Using Recyclable Materials on the Creativity and Pro-Environmental Attitudes of Young Children, 36(2), 69~81.
<http://dx.doi.org/10.17965/kjee.2023.36.2.69>
- Lee SE and Song SM(2024). A Study on the Development and Evaluation of the Effectiveness of an Environmental Education Program for Young Children based on Problem-Based Learning. *Journal of Early Childhood Education & Educare Welfare*, 28(4), 7~46.
<http://dx.doi.org/10.22590/ecee.2024.28.4.7>
- Lim SM and Ahn HJ(2016). A Study on the Effect of Environmental Education Using the Advertisement on Children's Eco-Friendly Attitude and Environmental Preservation Knowledge. *Family and Environment Research*, 54(5), 451~459.
<http://dx.doi.org/10.6115/fer.2016.035>
- Oh YJ and Ahn HJ(2022). Effect of Inventing Play Materials Through Up-Cycling Activities on Creativity and Environment-Friendly Attitude of Young Children. *Journal of Child Education*, 26(2), 73~93.
<http://dx.doi.org/10.32349/ECERR.2022.4.26.2.73>
- Seo JH and Kim SH(2023). The Effects of Physical Activities Using Reusable Materials on Young Children's Self-efficacy and Eco-friendly Attitude. *Journal of Future Early Childhood Education*, 34(3-4), 213~233.
<http://dx.doi.org/10.22455/JFECE.30.3-4.213.223>
- Song SO(2018). The Effect of Environmental Education Activities Focusing Practice-Experience on Young Children's Pro-environmental Attitudes and Emotional Intelligence. *The Journal of Child Education*, 27(2), 47~64
<http://dx.doi.org/10.17643/KJCE.2018.27.2.03>
- Shin WA(2021). The development and effects of an environmental education program through maker education focused on up-cycling activities. *Korean Journal of Early Childhood Education*, 23(1), 86~112.
<http://dx.doi.org/10.15409/riece.2021.23.1.4>
- White IR(2015). Network meta-analysis. *The Stata Journal*, 15(4), 951~985.
<https://doi.org/10.1177/1536867X1501500403>
- Yoon JS and Lee SK(2017). Effects of STEAM-Based Environmental Art Education on Infants' Creative Drawing Expression Abilities and Eco-Friendly Attitudes. *Society for Art Education of Korea. Art Education Review*, 63.
<http://dx.doi.org/10.25297/AER.2017.63.115>
- Youn HS and Bang EY(2021). Effects of Cooperative Art Activities Using Recyclables on the 3-year-old children's Peer Competency and Environment-friendly Attitudes. *Journal of Future Early Childhood Education*, 28(1), 127~153.
<http://dx.doi.org/10.22155/JFECE.28.1.127.153>

-
- Received : 05 January, 2026
 - Revised : 22 January, 2026
 - Accepted : 02 February, 2026