

## 계층화 분석법을 활용한 스리랑카 쿠루네갈라시 기후기술 우선순위 설정

최윤호\*<sup>†</sup> · 서정나현\*\* · Hasula Wickremasinghe\*\*\*

\*SK SUPEX추구협의회 SV위원회 프로젝트 리더, \*\*SK임업 Global Carbon 사업팀 매니저,

\*\*\*스리랑카 환경부 기후변화사무국 프로그램 어시스턴트

### Prioritization of applicable climate technologies based on the analytic hierarchy process (AHP) in Kurunegala, Sri Lanka

Choi, Yunho\*<sup>†</sup> · Seo, Jung Nahyun\*\* and Hasula Wickremasinghe\*\*\*

\*Project Leader, Social Value Committee, SK SUPEX Council, Seoul, Korea

\*\*Manager, Global Carbon Business Team, SK Forest, Seoul, Korea

\*\*\*Programme Assistant, Climate Change Secretariat, Ministry of Environment, Battamulla, Sri Lanka

#### ABSTRACT

This research is dedicated to the prioritization of climate technologies for the purpose of facilitating the transformation of Kurunegala, Sri Lanka into a low-carbon smart city, with a particular emphasis on the transportation, energy, and waste management sectors. Accordingly, the researchers engaged in an exhaustive investigation encompassing a broad spectrum of such technologies. To establish a systematic framework for the prioritization process, the researchers devised 16 evaluation indicators that effectively cover four distinct dimensions: economic, technological, social, and environmental. These indicators serve as fundamental building blocks for determination of relative weights, a crucial step in the analytic hierarchy process (AHP) methodology. Moreover, an in-depth assessment was undertaken to evaluate the economic, technological, social, and environmental aspects that are pivotal to successful implementation of each climate technology in Kurunegala, Sri Lanka. In summary, this study harnesses the power of the AHP method to effectively prioritize climate technologies to enable the realization of a low-carbon smart city transformation in Kurunegala, Sri Lanka. Using 16 indicators, the study offers profound insights into the applicability and viability of these technologies. As such, the findings of this research hold great potential to serve as a point of reference for cities across Sri Lanka and other developing countries that seek to adapt to the challenges posed by climate change and its multifaceted implications.

*Key words: Climate Technology, Analytic Hierarchy Process, Mitigation, Prioritization, Sri Lanka*

### 1. 서론

오늘날 전 세계는 기후변화 대응을 위하여 다양한 활동을 이행하고 있다. 특히, 2015년 UN 기후변화협약 당사국 총회(COP 21)에서 체결된 파리협정에 따라, 기후변화 대응을 위하여 기술 개발 및 이전이 활성화되어야 하고, 선진국과 개도국 모두 자발적 감축 목표(INDC, Intended Nationally Determined Contribution)를 설정 및 이행하고

있다. 다만, 선진국은 기후변화 대응에 선제적으로 대응하고 있지만, 개도국은 기술과 예산 부족 등으로 인해 스스로 기후변화에 대응하기 어려운 실정이며, 개도국의 적극적인 기후변화 대응에는 외부의 지원이 중요하게 작용하고 있다(Im, 2016). 개도국의 기후변화 대응 지원을 위하여 유엔환경계획(UNEP, United Nations Environment Programme)과 유엔공업개발기구(UNIDO, United Nations Industrial Development Organization)는 기후기술센터·네

<sup>†</sup>Corresponding author : choiyunho1008@gmail.com (26, Jong-ro, Jongno-gu, Seoul, 03188, Korea. Tel. +82-2-2121-5114)

Lead author : Choi, Yunho and Seo, Jung Nahyun

ORCID 최윤호 0000-0001-6775-4972

서정나현 0009-0008-2763-9767

Hasula Wickremasinghe 0009-0005-9576-6926

트위크(CTCN, Climate Technology Centre and Network)를 설립하였고, 최근 이집트에서 개최된 COP 27에서는 ‘손실과 피해(Loss & Damage) 대응’을 최우선 의제로 설정하여 개도국의 손실과 피해 대응 펀드 창설에 원칙적으로 합의하는 등 개도국 기후변화 대응 지원을 위하여 전 세계가 협력하고 있다.

스리랑카는 우리나라 중점협력국 중 하나로, 2030년까지 14.5%의 온실가스 배출량을 감축하겠다고 선언하였고, 기후변화 대응을 위하여 다양한 활동을 이행하고 있다. 이의 일환으로 쿠루네갈라시의 온실가스 감축과 저탄소 스마트 도시로 전환을 계획하고 있으며, 스리랑카 환경부와 쿠루네갈라시는 CTCN에 교통, 에너지, 폐기물 분야의 기후기술 도입과 실행 계획 지원을 요청하였다. 효율적인 기후기술 지원을 위해서는 대상 국가에 적합한 기후기술을 선정하는 것이 매우 중요하다. 하지만, 기존의 기술 지원은 수요자의 의견보다 공급자 위주의 지원으로 진행되어 사후 관리 미흡 등 지속가능한 결과를 창출하지 못하는 경향이 있다(Kim et al., 2016).

이에, 본 연구는 스리랑카 쿠루네갈라시 교통, 에너지, 폐기물 분야에 적용 가능한 기후기술을 조사하고, 기후기술의 우선순위를 도출하기 위한 평가 지표 개발 및 가중치를 산정하며, 조사된 기후기술에 개발된 지표를 활용, 중요도를 평가하여 기후기술의 우선순위를 도출하는 것을 기본 목적으로 한다. 보다 구체적으로, 기후기술은 스리랑카 쿠루네갈라시에 적용 가능한 기술을 중심으로 국내외 문헌 및 국제금융기구 지원 사업과 ODA 지원 사업에 적용된 기후기술 등을 대상으로 조사하고, 평가 지표는 선행 연구에서 개발된 평가 지표를 스리랑카 쿠루네갈라시에 적합하게 수정 및 보완하여 개발하고자 한다. 개발된 지표는 AHP 분석을 활용하여 지표별 가중치를 산정하고, 기후기술의 중요도 평가를 통해 우선순위를 도출하고자 한다.

## 2. 이론적 고찰

### 2.1. 우선순위 결정에 관한 연구

우선순위 결정이란 다양한 항목들 사이에서 중요도가 높은 순서를 결정하는 것을 의미한다. 중요도는 기준에 따라 절대적이거나 상대적이며, 합리적인 우선순위 결정을 위하여 다기준 의사결정 방법을 활용한다. 다기준 의사결정 방법은 비용 중심의 의사결정에서 다양한 정성적인 정

보의 고려가 필요한 의사결정에 주로 활용되며, 특히 공공 부문의 정책 결정에 넓게 활용되고 있다. 다기준 의사결정 방법은 정량적 데이터와 정성적 데이터를 결합하고, 금전적 비금전적 항목을 분석에 반영하기 때문에 다양한 분야에 적용이 용이하고, 상대적으로 간단하고 투명하며, 시간과 비용 소모가 적다. 그리고 다양한 이해관계자의 참여를 바탕으로 전문가 의견을 효율적으로 활용할 수 있다는 장점이 있지만, 이해관계자의 지식이 부족할 경우 중요한 대안이 의사결정에서 누락될 위험과 불확실성에 대한 분석이 주관적으로 이루어진다는 단점이 있다.

다기준 의사결정 방법은 계산 방식에 따라 총합 방식(Full aggregation approach)과 순위선호 방식(Outranking approach)으로 분류할 수 있다. 총합 방식은 각각의 기준에 대해 점수를 부여하고 이를 모두 종합하여 대안 별로 최종 점수를 산출하는 방식이고, 순위선호 방식은 다수의 한계점과 규칙을 만들어 의사결정자로 하여금 하순위의 대안들을 순차적으로 배제하면서 대안의 수를 줄여가는 방법으로 하나의 대안이 다른 대안보다 나은 경우 두 대안이 수학적으로 비교가능하지 않더라도 의사결정자의 주관적 선호에 따라 우세한 대안이 선택된다. 주요 다기준 의사결정 방법론별 특성은 Table 1과 같다(Bong and Lee, 2006).

### 2.2. 기후기술 정의 및 분류

유엔기후변화협약(UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change) 하의 기술집행위원회(TEC, Technology Executive Committee)에 따르면, 기후기술이란 온실가스를 감축하거나 기후변화에 적응하기 위한 어떠한 기기, 테크닉, 실용적 지식 또는 스킬을 의미하며, 우리나라 ‘기후변화대응 기술 개발 촉진법’에서는 온실가스 감축에 관한 기술, 기후변화 적응에 기여하는 기술 등 두 가지로 분류하고 있다. 또한, 과학기술정보통신부와 과학기술정보통신부 산하 국책 연구기관인 녹색기술센터가 수립한 우리나라의 기후기술 분류체계는 감축과 적응, 감축/적응 융복합, 3개 대분류 하에 재생에너지, 에너지 저장, 에너지 수요 등 14개 중분류, 태양광 발전, 폐기물 발전, 수송 효율화, 산업 효율화 등 45개 소분류로 구분되어 있다. 본 연구의 주요 분야인 교통, 에너지, 폐기물 분야의 기후기술은 재생에너지, 신에너지, 에너지 수요, 다분야 중첩 분류에 포함되어 있다.

Table 1. Characteristics of major multi-criteria decision making methods

Category		Pros	Cons
Full Aggregation	MAUT	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mathematically rigorous theory formulation</li> <li>• Sophisticated and well-defined structure and logic</li> <li>• Quantification of qualitative evaluation criteria</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Assumption of perfect rationality leading to a discrepancy with reality</li> <li>• Dual preference assumption excluding preference ambiguity</li> <li>• Complexity in deriving utility functions</li> </ul>
	AHP	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conceptually straightforward and easy to apply</li> <li>• Weight derivation based on mathematical/theoretical foundations</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vulnerability in establishing appropriate hierarchy structure</li> <li>• Limited number of feasible alternatives for evaluation</li> </ul>
Outranking	ELECTRE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realistic approach based on bounded rationality assumption</li> <li>• Consideration of various characteristics of criteria</li> <li>• Determination of reference values based on objective facts</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Subjectivity in determining weights and preference criteria</li> <li>• Complexity in the process of deriving optimal alternatives</li> </ul>
	PROMETHEE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realistic approach based on bounded rationality assumption</li> <li>• Consideration of various characteristics of criteria</li> <li>• Determination of reference values based on objective facts</li> <li>• Conceptually straightforward and easy to apply</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Subjectivity in determining weights and preference criteria</li> </ul>

Source: Bong IS, Lee HS. 2006. The use of multicriteria decision-making methods in the administration of housing policies for Gyeonggi Province. Gyeonggi-do, Korea: Gyeonggi Research Institute. Primary Research 2006-08.

### 3. 연구의 방법론

본 연구는 다기준 의사결정 방법 중 하나인 AHP를 분석 모델로 활용한다. AHP 분석은 Thomas, L, Saaty에 의하여 개발되었고, 평가자의 지식, 경험 등을 활용하여 의사결정 계층구조의 구성 요소 간 쌍대비교를 통해 의사결정을 지원하는 방법으로, 의사결정 과정을 체계화하여 보다 능률적으로 대안을 선택하고, 대안 선택의 타당성을 확보하여 의사결정의 설득력을 높일 수 있는 방법론이다 (Saaty, 1980).

AHP는 계량적인 측면과 구조적인 측면에서 특징이 있다. 지표의 중요도를 비율 척도로 산정하여 계량화를 통한 의사결정 지원 및 수치적 비교를 가능하게 하여 명확한 결과를 파악할 수 있고, 계층화 구조를 통해 의사결정에 영향을 미치는 다수의 요소 파악을 도울 수 있으며, 일반적으로 다음과 같은 4단계로 수행한다(Zahedi, 1986).

AHP 분석은 이론의 단순성 및 명확성, 적용 간편성, 범용성을 특징으로, 국가 R&D 투자 우선순위 설정 방법론 연구와 국가연구개발사업 투자우선순위 도출모델 조사

및 개선방안 연구 등 다양한 국가 정책 연구에 활용된 바 있으며, 다수의 기술 우선순위 분석, 정책 및 전략 수립 연구, 기술이전 영향요인 분석에 활용되었다. 부적절한 계층 구조 형성 가능성과 고려가능한 대안의 수 및 수준이 제한적임에도 불구하고, 범용적 적용 가능성과 관련 계층 구조 형성된 선행 연구 등의 AHP 분석이 갖는 유용성 때문에 본 연구에 AHP 분석을 적용한다.

### 4. 연구 수행 내용 및 결과

#### 4.1. 기후기술 조사

스리랑카 쿠루네갈라시 교통, 에너지, 폐기물 분야의 기후기술 파악을 위하여 국내외 문헌, 국제금융기구 및 MDB 지원 사업 적용 기술, 개발도상국의 TNA(Technology Needs Assessment), ODA 지원 사업에 적용된 기후기술 등을 심층조사하였고, 에너지 분야 13개 분류 항목 가운데 38개 기술, 교통 분야 10개 분류 항목 가운데 20개 기술, 그리고 폐기물 분야 2개 분류 항목 가운데 9개 기술

Table 2. AHP step-by-step details

Step	Description
Selection of decision hierarchy	<ul style="list-style-type: none"> <li>Classify decision factors into hierarchies to create a decision-making structure.</li> <li>Set the decision-making purpose at the topmost hierarchy.</li> <li>The next hierarchy consists of various items that affect the decision-making process.</li> <li>The elements within each item can also be compared with each other and are composed of distinct elements.</li> </ul>
Pairwise comparison	<ul style="list-style-type: none"> <li>To determine the weights of evaluation criteria, comparisons and assessments between decision factors are conducted</li> </ul>
Determination of weights	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calculate the weights of decision factors using the weighting method</li> <li>Review consistency through the Consistency Ratio (CR) index for consistent pairwise comparisons (CR below 10%)</li> </ul>
Weighted aggregation	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aggregation of relative weights of decision factors</li> </ul>

Source: Zahedi F. 1986. The analytic hierarchy process-a survey of the method and its applications. Interfaces 16(4): 96-108.

등 총 67개의 기후기술을 조사한 바, 분야별 기후기술 분류는 Table 3과 같다.

67개 기후기술은 1차 스크리닝을 통해 적용 가능성이 높은 기후기술로 도출되었다. 1차 스크리닝은 스리랑카 환경부 기후변화사무국(CCS, Climate Change Secretariat) 과 KMC(Kurunegala Municipal Council), 현지 컨설팅 기관인 NCPC(National Cleaner Production Centre) 내 전문가 10인을 대상으로 스리랑카 현지 전문가 자문위원회를 구성하여 수행하였고, 기후기술 67개 가운데 Table 3에 제시된 바와 같이 에너지 분야 10개, 교통 분야 7개, 폐기물 분야 4개 등 총 21개의 기후기술이 도출되었다.

#### 4.2. 평가 지표 개발

개발도상국에 현지 수요자의 의견이 충분히 반영된 지속가능한 기후기술 도입을 위하여 녹색기술센터는 UNFCCC, UNEP, CTCN, 녹색기후기금(GCF, Green Climate Fund) 등에서 수행한 기후기술 우선순위 선정 관련 선행 연구 조사를 통해 공급자 중심에서 수요자 중심의 기후기술 협력 우선순위를 정하는 방법론을 개발하였다(Kim et al., 2016).

녹색기술센터의 기후기술 협력 우선순위 기술선정 방법론 개발 연구 결과를 토대로 기후기술 조사 관련 1차

Table 3. Category of climate technology by sector

Sector	Climate technology category	Sector	Climate technology category
Energy	Solar Energy	Transport	Electric Vehicle
	Biomass		Hybrid Vehicle
	Geothermal Power Plant		Hydrogen Vehicle
	Wind Energy		Low GHG Emission Vehicle
	Hydropower		Bus
	Hydrogen Fuel Cell		Railway
	Smart Grid		Parking Lot
	Rooftop Photovoltaic Generation System		Secondary Battery (Rechargeable Battery)
	Light Replacement to LED Light		Biofuel
	Insulation		Auxiliary Device
	Rainwater Recycling		
	Green Home		Waste
	Green Building	Wastewater	

Table 4. Climate technologies list of Kurunegala, Sri Lanka

No.	Sector	Climate technology
1	Energy	Smart grid with distributed energy resources
2		Green Home (High efficiency home appliances, IoT based Smart Home)
3		Rooftop photovoltaic generation system
4		Water heating system by solar energy
5		Cookstove
6		Green building
7		IoT based Smart City
8		Rainwater recycling
9		Photovoltaic generation with CIGS solar cell on the commercial building
10		Light Replacement to LED
11	Transport	Electric car and ESS (Energy Storage System)
12		HEV (Hybrid Electric Vehicle) taxi
13		FCEV (Fuel Cell Electric Vehicle)
14		Motorized three-wheeler taxi
15		Advanced BRT (Bus Rapid Transit) system
16		Park and ride system
17		Idling restriction (bus/private car)
18	Waste	Electricity generation by incineration of Municipal Solid Waste
19		IoT based waste recycling system
20		Electricity and thermal generation by biogas from wastewater treatment
21		Organic waste composting

스크리닝을 수행한 스리랑카 환경부 기후변화사무국과 KMC, 현지 컨설팅 기관인 NCPC 내 전문가 10인으로 구성된 현지 전문가 자문위원회와 2주간 협의하여 평가항목을 수정 및 보완하였다. 보완 내용으로는 저탄소 전환 기술 중 적정 기술로 감축을 달성하기엔 인프라 및 기술 수준이 부족하고, GCF 등의 재원 마련을 위해 기술의 지속 가능성이 필수적이기 때문에 기술 내 지역 (적정)기술 이용 증진의 항목을 지속가능성으로 수정하였고, GCF, MDB 등 재원 연계 시 성 평등을 위한 노력이 긴요하다고 보아 성 평등 증진 내용을 평가항목에 추가하였다. 또한, 본 연구는 온실가스 감축 기술을 대상으로 하므로 적응 관련 평가항목은 제외하였다. 상기 과정을 통해 최종 개발된 평가항목은 Table 5와 같다.

#### 4.3. AHP 분석 모델 적용

스리랑카 쿠루네갈라시에 적합한 기후기술의 우선순위 설정을 위한 평가항목의 가중치를 산정하기 위하여 기후 기술 평가위원회를 대상으로 2주의 기간 동안 AHP 분석을 수행하였다. 기후기술 평가위원회는 스리랑카 환경부

CCS, 도시개발부(Ministry of Urban Development), KMC, 쿠루네갈라시 농업부(Department of Agriculture), Sri Lanka Accreditation Board, NCPC, Moratuwa 대학교의 교통, 에너지, 폐기물 및 기후변화 전문가 14인으로 구성하였다.

AHP 분석 수행 결과, 기후기술 협력 우선순위 기술 선정 평가항목별 가중치는 Table 7과 같으며, 지표의 중요도는 환경 범주가 가장 중요하게 평가되었고, 다음은 기술, 경제, 사회 순으로 중요도가 높았다. 평가항목 중 가장 중요한 항목은 오염 저감 기여 및 환경 영향 최소화이고, 다음은 온실가스 감축 잠재력으로 나타났다. 기후기술 평가위원회 전문가 확인 결과, 온실가스 감축 잠재력의 경우 기후기술이 기본적으로 충족해야하는 항목이기 때문에 온실가스 감축 외의 부가적인 오염 저감 기여와 환경 영향 최소화를 가장 중요한 항목으로 선정하였다는 의견이 있었다. 환경 외의 범주에서 가장 중요한 평가항목은 기술 범주의 적용 용이성이었고, 가장 중요도가 낮은 평가항목은 성 평등 증진으로 나타났다. 주목할 점은 적용 용이성과 비슷한 수준으로 중요도가 평가된 지속가능성은

ODA 등을 통해 선진국이 다양한 기술 도입을 지원하지만, 도입 후 유지관리의 어려움이 반영된 것으로 확인되었다. 또한, 성 평등 증진의 경우 GCF 등 국제기구의 재원 마련을 위해 포함한 항목이지만, 기술 수요 입장에서

기후기술의 우선순위에는 영향을 미치지 않는 것으로 해석되었다.

Table 5. Evaluation indicators for selecting prioritized climate technologies for Kurunegala, Sri Lanka

Category	Evaluation indicator
Economy	Job creation
	Encouraging private investment
	Possibility to finance domestic/foreign fund
	Cost effectiveness
Technology	Adaptability
	Possibility of deployment
	Commitment to the regulation and policy
	Sustainability
Society	Improving quality of life
	protection and capacity building of the vulnerable
	solving development gap within or among the region
	Social adaptability
	Promoting gender equality
Environment	Contribution to reduction of pollution and minimizing effects to the environment
	Potential of GHG reduction

Table 6. Weights of evaluation indicators for selecting prioritized climate technologies for Kurunegala, Sri Lanka

Category	Evaluation indicator	Weight
Economy	Job creation	0.05236
	Encouraging private investment	0.05004
	Possibility to finance domestic/foreign fund	0.04454
	Cost effectiveness	0.08086
	Subtotal	0.22780
Technology	Adaptability	0.10784
	Possibility of deployment	0.04139
	Commitment to the regulation and policy	0.05049
	Sustainability	0.10310
	Subtotal	0.30282
Society	Improving quality of life	0.05055
	protection and capacity building of the vulnerable	0.02296
	solving development gap within or among the region	0.01752
	Social adaptability	0.02188
	Promoting gender equality	0.01535
	Subtotal	0.12825
Environment	Contribution to reduction of pollution and minimizing effects to the environment	0.20825
	Potential of GHG reduction	0.13287
	Subtotal	0.34412

Table 7. Priority of climate technologies for Kurunegala, Sri Lanka

Priority	Sector	Technology	Score
1	Waste	Organic waste composting	7.462
2	Energy	Rooftop photovoltaic generation system	7.227
3	Energy	Water heating system by solar energy	6.692
4	Energy	Light Replacement to LED	6.671
5	Energy	Green building	6.620
6	Transport	Park and ride system	6.619
7	Energy	Rainwater recycling	6.344
8	Energy	IoT based Smart City	6.258
9	Transport	Electric car and ESS (Energy Storage System)	6.236
10	Transport	HEV (Hybrid Electric Vehicle) taxi	6.187
11	Waste	IoT based waste recycling system	6.043
12	Waste	Electricity generation by incineration of Municipal Solid Waste	5.925
13	Energy	Smart grid with distributed energy resources	5.752
14	Energy	Green Home (High efficiency home appliances, IoT based Smart Home	5.682
15	Transport	Advanced BRT (Bus Rapid Transit) system	5.593
16	Waste	Electricity and thermal generation by biogas from wastewater treatment	5.591
17	Transport	Motorized three-wheeler taxi	5.494
18	Energy	Cookstove	5.174
19	Transport	Idling restriction (bus/private car)	5.092
20	Transport	FCEV (Fuel Cell Electric Vehicle)	4.575
21	Energy	Photovoltaic generation with CIGS solar cell on the commercial building	4.362

#### 4.4. 기후기술 우선순위 설정

AHP를 수행한 전문가 14인을 대상으로 1차 스크리닝된 21개 기후기술의 중요도 평가를 시행하였다. 그 결과는 Table 8과 같으며, 폐기물 부문의 Organic waste composting 기술이 가장 높은 중요도 평가를 받았고, Photovoltaic generation with CIGS(Copper Indium Gallium Selenide) solar cell on the commercial building 기술이 가장 낮은 평가를 받았다. Organic waste composting 기술의 감축 잠재량이 0.11 tCO<sub>2</sub>eq/ton-waste로 낮은 수준임에도 불구하고, 가장 중요한 기후기술로 평가된 이유는 스리랑카 대통령 주재 하에 구성된 위원회의 주요 Agenda 중 하나가 화학 비료의 유기농 비료 전환 정책의 시행 때문으로 해석된다. 전반적으로 태양광 발전 기술의 우선순위가 높은 가운데 Photovoltaic generation with CIGS solar cell on the commercial building 기술이 낮은 평가를 받은 것은 경제성이 낮는데 주로 기인하는 것으로 파악된다. GCF에서 시행한 Rooftop photovoltaic generation system 기준 1 tCO<sub>2</sub>eq 감축에 USD 48의 비용이 들지만, 서울시에서 시행한 Photovoltaic generation with CIGS solar cell on the

commercial building 기술의 경우 1 tCO<sub>2</sub>eq 감축에 USD 502의 비용이 소비되어 Rooftop photovoltaic generation system 대비 약 9.5% 수준의 경제성을 나타낸다. 또한, Photovoltaic generation with CIGS solar cell on the commercial building 기술과 유사한 수준으로 평가된 Fuel Cell Electric Vehicle은 차량의 보급 외에 수소 충전 인프라가 필요하기 때문에 도입의 우선순위에서 낮은 평가를 받은 것으로 판단된다. 개발도상국 농촌 지역에서는 Cookstove 보급을 통한 온실가스 감축사업이 활성화되어 있는데, 본 연구 대상인 쿠루네갈라시는 수도인 콜롬보 다음으로 큰 도심 지역으로 개발 중이기 때문에 Cookstove 기술 수요가 낮은 것으로 해석된다.

## 5. 결론

본 연구에서는 AHP 분석을 활용하여 스리랑카 쿠루네갈라시에 적합한 기후기술의 우선순위를 설정하고자 하였다. 기후기술 우선순위를 설정하기 위한 평가 대항목으로는 경제, 기술, 사회, 환경 등 네 가지가 설정되었다. 이

가운데 경제 범주의 평가항목은 고용 창출, 민간투자 촉진, 국내의 자원 활용 가능성, 비용효과성을 기준으로 선정되었고, 기술 범주의 평가항목은 적용 용이성, 증식 잠재력 및 확장 가능성, 규제 및 정책 부합성, 지속가능성 등을 토대로 선정되었다. 그리고 사회 범주의 평가항목은 삶의 질 개선 효과, 취약 집단 보호 및 역량 강화, 지역 내 또는 지역 간 격차 해소, 사회적 수용성, 성 평등 증진 등을 고려하여 선정되었고, 환경 범주의 평가항목으로는 오염 저감 기여 및 환경 영향 최소화, 온실가스 감축 잠재력 등의 요소가 선정되었다.

스리랑카 환경부 등 현지 전문가 14인의 AHP 분석을 통하여 가중치를 도출한 결과, 환경 범주가 0.34412로 가장 중요한 것으로 나타났고, 그 다음으로는 기술 0.30282, 경제 0.22780, 사회 0.12825 순으로 나타났다. 평가항목 중 오염 저감 기여 및 환경 영향 최소화 항목이 0.20825로 가장 중요하다고 평가되었고, 성 평등 증진 항목의 경우 0.01535로 가장 낮게 평가되었다.

기후기술 중 중요도가 가장 높은 기술은 폐기물 분야의 Organic waste composting 기술이 중요도가 7.462로 가장 높게 나타났으며, 이는 스리랑카 주요 정책인 화학 비료의 전환 정책이 반영된 것으로 파악하고 있다. 본 연구의 범위는 스리랑카 쿠루네갈라시의 기후기술 우선순위 설정에 있지만, 이후 단계로 상위 10개 기후기술에 대한 단기, 중기, 장기 로드맵을 수립에도 주안을 두었다. 아울러, 가장 우선순위가 높은 기후기술 도입을 위한 방안으로, KOICA에 제출하기 위한 PCP (Project Concept Paper)를 작성하였다.

스리랑카 쿠루네갈라시의 기후기술 우선순위 도출을 통하여 얻은 정책적 시사점은 다음과 같다. 첫 번째, 기후기술 우선순위는 국가의 정책적 방향과 관련성이 높다. 기후기술 중 가장 우선순위가 높은 Organic waste composting 기술은 온실가스 감축 잠재량이 낮음에도 불구하고, 대통령 주요 정책 Agenda가 화학 비료의 유기농 비료 전환인 정책 방향이 반영되었다고 판단된다. 쿠루네갈라시에는 운영 문제로 가동 정지 상태지만, Organic waste composting 기술이 도입되어 있음에도 Organic waste composting 기술이 가장 높은 우선순위로 도출되었다는 것은 기후기술의 우선순위 도출에 정책적 방향이 반영된다는 것을 뒷받침하는 근거라고 판단된다. 두 번째, 기후기술을 지원받는 개발도상국이라고 하여 초기의 기술이 우선순위가 높은 것은 아니다. 스리랑카는 개발도상국이지만, 쿠루네갈라시는 콜롬보 다음의 대도시를 지향

하고 있기 때문에 Green building, IoT based Smart City, Electric car and ESS, HEV Taxi와 같은 최신 기술의 우선순위가 높게 나타났다. 또한, Cookstove, Motorized three-wheeler taxi와 같은 대도시에서 활용하지 않는 기술은 우선순위가 낮게 평가되었다. 하지만, 최신 기술 중 현 수준 대비 인프라가 과도하게 필요한 Advanced BRT system, FCEV와 같은 기술의 우선순위는 현실성이 반영되어 낮게 평가되었다.

향후, 본 연구를 기반으로 도출된 우선순위 기후기술이 스리랑카 쿠루네갈라시의 정책 수립에 반영되기 위해서는, 개도국 내부의 의견수렴이 이루어질 수 있도록 분위기를 조성하는 것이 중요하다. 기후기술 우선순위 도출은 스리랑카 쿠루네갈라시의 저탄소 스마트 도시 전환을 위하여 CTCN에 요청한 내용이며, 쿠루네갈라시에 적용 가능성이 높은 기술이므로 향후 쿠루네갈라시의 도시개발 계획 및 기후변화 대응 계획에 반영하여 불필요한 시간과 인력 소모의 낭비를 피할 수 있을 것으로 기대된다.

## References

- Ahn SG, Cho HJ, Kim ES. 2011. A study on the methodology of priority-setting for investment in the national R&D program. Chungcheongbuk-do, Korea: Korea Institute of S&T Evaluation and Planning. Research Report 2011-017.
- Bong IS, Lee HS. 2006. The use of multicriteria decision-making methods in the administration of housing policies for Gyeonggi Province. Gyeonggi-do, Korea: Gyeonggi Research Institute. Primary Research 2006-08.
- Chowdhury S, Higelin J, Holmes K, Karlsson G. 2010. Handbook for conducting technology needs assessment for climate change. New York, USA: United Nations Development Programme.
- Gil BJ, Cho HJ, Eom IC, Kim IJ, Hong SH, Lee IH. 2008. Investigation and improvement study on the model for determining priority of national research and development (r&d) investment. Chungcheongbuk-do, Korea: Korea Institute of S&T Evaluation and Planning. Policy Report 2008-06.
- Han BG, Chung ES. 2013. Application of fuzzy



- multi-criteria decision making techniques for robust prioritization. *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*. 33(3): 917-926. doi: 10.12652/Ksce.2013.33.3.917
- Hong EG. 2016a. Analysis of GCF capacity building program and study on the applicability of KOICA climate change projects. Gyeonggi-do, Korea: Korea International Cooperation Agency. Research Development 2016-06-127.
- Hong EG. 2016b. Discussion on the direction of climate change ODA projects for climate regime adaptation. Gyeonggi-do, Korea: Korea International Cooperation Agency. Research Development 2016-17-200.
- Hwang CL, Yoon KS. 1981. Multiple attribute decision making : Methods and Applications.
- Im SY. 2016. Direction of KOICA's climate change projects under the new climate regime. Gyeonggi-do, Korea: Korea International Cooperation Agency. Research Development 2016-18-201.
- Ishizaka A, Nemery P. 2013. Multi-criteria decision analysis: Methods and software.
- Jagath M, Rathnayake P, Chandradasa KAD, Ranathunga DMB, Wijerathna L, Ranaweera J. 2019. Kurunegala urban development plan. North Western Province, Sri Lanka: Urban Development Authority.
- Jung JW, Song JH, Lee SM, Oh HK, Myeong SJ. 2017. Climate change in Sri Lanka: Issues and prospects for Korea's development cooperation. Sejong, Korea: Korea Institute for International Economic Policy. ODA Policy Report 17-04.
- Karlsson G. 2009. 2009 Handbook for conducting technology needs assessment for climate change. New York, USA: United Nations Development Programme.
- Kim HJ, Moon MO, Son JH, Yang RW, Jang CS, Lee SD, Park DJ. 2016. Development of a technology prioritization tool for climate technology cooperation. Seoul, Korea: Green Technology Center. Research Report 2016-012.
- Kim SD, Lee GE, Han SM, Ma JS, Yang SG, Lee SG. 2019. Research on climate-development funding linkage project models through analysis of GCF projects. Gyeonggi-do, Korea: Korea International Cooperation Agency. Research Information 2019-25-132.
- Koresawa A, Popuri S, Talpahewa C. 2018. State of Sri Lankan cities. Colombo, Sri Lanka: UN-Habitat.
- Lee JI, Jo KT, Shin BC, Jin CZ. 2006. Priority setting for future core technologies in division of biotechnology using the AHP. *Journal of Agricultural, Life and Environmental Sciences*. 17(8): 66.
- Moon SS, Seok SW, Kim NH, Shin MS, Choi JI, Jang YG, Park JB, Lee OS, Park LY, Jung SJ, Jeon SY. 2017. Research on green climate fund (GCF) project development strategies and utilization plans. Seoul, Korea: Ministry of Environment.
- Oh NG, Kim H. 2010. Analysis on deduction of energy-IT convergence technologies by the analytic hierarchy process. *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences B*. 35(7): 1091-1097.
- Park JH, Lee BG. 2011. Analyzing critical priority factors for deriving future industries and promotion field of Energy-IT convergence. *Korean Society for Internet Information*. 12(3): 140-141.
- Saaty TL. 1980. The analytic hierarchy process. McGraw-Hill, New York.
- Shim YH, Byun GS, Lee BG. 2011. Deriving strategic priorities of green ICT policy using AHP and ANP. *Journal of Internet Computing and Services*. 12(1): 85-98.
- Thomas V, Kolkma WMA, Yokota T, Palacios B, Li-Mancenido E, Cafirma B. 2012. The Asian development bank's support for the transport sector in Sri Lanka. Mandaluyong City, Philippines: Asian Development Bank. Independent Evaluation SE-26.
- Zahedi F. 1986. The analytic hierarchy process-A survey of the method and its applications. *Interfaces*. 16(4): 96-108.