

# AHP와 ANP를 이용한 부문별 온실가스 감축 이행 방안 중요도 비교 분석\*

이상엽\*\* · 김광모

A Comparative Analysis on National Greenhouse Gas Reduction  
Implementation Strategies Priority Using AHP and ANP

Sang-Youp Lee\*\* · Kwang-Mo Kim

한국환경정책 · 평가연구원(Korea Environment Institute)

제출: 2014년 11월 28일 수정: 2015년 3월 4일 승인: 2015년 3월 18일

## 국문 요약

본 논문의 목적은 국가 로드맵 상에 제시된 7대 부문(산업, 수송, 건물, 공공, 농림어업, 폐기물, 전환)에 대한 부문별 감축 수단을 대상으로 향후 보다 발전적인 이행전략을 분석하는 것이다. AHP와 ANP 방법론을 활용해 방법론 간 차이점이 나타난 부문과 그렇지 않은 부문을 비교분석하였다. 감축대상인 7대 부문 대부분에서 이행목표로서 비용효율성과 효과성(기술개발, 감축성과)보다는 이행가능성이 상대적으로 중요한 것으로 분석되었다. 평가기준에서는 공공, 전환 부문에서 방법론에 따라 최우선순위가 바뀌었으며, 감축방안에 해당하는 대안의 우선순위 및 기준 관점의 대안 내 우선순위도 방법론에 따른 차이가 나타났다.

**주제어** | 부문별 온실가스 감축수단, 국가 온실가스 감축 로드맵, 다속성의사결정법, AHP, Feedback ANP

## Abstract

The purpose of this paper is to analyze the sector-specific greenhouse gas reduction implementation strategies priority using the multi-criteria analysis methods (AHP and Feedback ANP). Our analysis demonstrates that the highest priority among the evaluation criteria is given to the feasibility compared to the efficiency and the effectiveness in most of the sectors. In the public and the building sectors, it has been found that the governmental driving force is absolutely crucial in technological dissemination and diffusion. The results and the main findings are as follows. Firstly, the priority of the policy evaluation criteria has been changed by analysis methods. Secondly, the total weight and the priority of each sector's alternatives also have been changed. Finally, the priority of the alternatives for criteria has been changed by the analysis methods.

**Keywords** | Sector-specific GHG Emissions Reduction Instruments, National GHG Emissions Reduction Roadmap, Multi-Criteria Decision Analysis, AHP, Feedback ANP

\* 본 논문은 한국환경정책 · 평가연구원의 2014년 기후환경과제 「온실가스 감축정책 현황 및 개선방안연구(II)-국가 감축 로드맵 실현방안을 중심으로」의 일환으로 수행되었음.

\*\* 교신저자: umwelt@kei.re.kr

## I. 서론

온실가스 감축은 일반적으로 목표 달성 수준 설정, 그리고 부문별 특성에 부합되는 감축 이행 방안 마련으로 추진된다. 그리고 온실가스 감축은 관련 기술의 도입 및 연관 관계로 인해 중장기적인 접근이 필요한 특징을 지닌다. 대한민국에서도 2020년까지 국가 배출전망치(BAU) 대비 30% 감축을 목표로 부문별·업종별 감축수단 및 감축경로를 제시한 「국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 로드맵」이 마련되어 있다. 국가 로드맵은 포스트교토 체제의 대응 및 저탄소 사회로 전환을 위한 온실가스 감축 정책의 청사진적 성격을 지닌다. 그러나 정부의 국가 로드맵이 제시된 상황에서도 여러 가지 문제가 제기되고 있다. 예상배출량(Business as Usual, BAU) 대비 목표설정방식, BAU 산정방식, 감축수단의 저감잠재성 분석 등과 관련된 기술적 타당성, 그리고 BAU와 저감잠재성 산정 시 사용된 정보공유와 관련된 공론화 과정 등이 그것들이다. 그러나 로드맵이 기 제시된 상황에서 위와 같은 문제점들을 보완하면서 국가 로드맵을 어떻게 합리적으로 실현해 나갈 것인가에 관한 지속적 검토와 구체적 이행방안 마련은 중요하다.

본 연구에서는 국가 로드맵 상에 제시된 7대 부문(산업, 수송, 건물, 공공, 농림어업, 폐기물, 전환)별 감축수단을 연구대상으로 설정하고 이들 수단의 성공적인 실행방향을 모색하기 위한 분석을 하였다. 분석방법론으로는 복잡한 의사결정 문제를 해결하는 다속성 의사결정법(Multi-Criteria Decision Analysis) 중 하나인 AHP(Analytic Hierarchy Process)와 함께 부문별 특성을 감안했을 때 발생하는 차이점을 파악하기 위해 ANP(Analytic Network Process)를 적용하였다. 이를 통해 방법론 간 부문별 감축이행 전략의 우선순위 변동을 비교분석하였다.

## II. 연구 방법론

### 1. AHP, ANP

복잡한 의사결정 문제와 관련해 여러 대안 가운데 중요도를 파악하는 방법론으로는 AHP와 ANP 방법론 이외에도 개인의 선호 및 효용함수 형태를 결정하는 MAUT 방법론, 선호의 유출량 개념을 이용해 대안의 우선순위를 도출하는 PROMETHEE 방법론, 최대최소법, 의사결정나무기법, 목표달성평가법, 평점모형, Outranking Method 등 다

양한 기법이 존재한다. 또한 전문가 집단 의견에 기초한 델파이 기법도 적용 가능하다.

국가 로드맵이 제시된 현 상황에서 가장 중요한 것은 마련 과정에서 제기된 한계점들을 바탕으로 보다 구체화가 요구되는 사항들을 점검하여 2020년까지의 향후 실천적 대안을 모색하는 것이다. 본 연구에서는 기 수립된 국가 온실가스 감축 로드맵의 일정을 고려할 때 적시의 구체적인 이행전략 마련이 중요하고, 이행전략을 마련하기 위해서는 복잡한 의사결정의 구조가 반영되어야 하기 때문에 국가 로드맵 마련 과정을 충분히 인지하고 있는 관련 전문가 집단의 의견 수렴이 중요하다는 관점에서 AHP와 ANP 방법론을 사용하였다.

AHP 방법론은 Saaty(1997)에 의해 고안되었고, 복잡한 의사결정 문제에 대해 전문가의 의견을 바탕으로 한 계층적 분석 방법을 통해 최적의 대안을 도출하는 기법이다. 그리고 계층 내 요소들 간 쌍대비교(Pairwise-comparison)를 통해 도출된 가중치 값을 토대로 의사결정을 내리는 방법론의 특성상 문제에 대한 해답을 명확하게 파악할 수 있는 장점을 지니고 있다. 그리고 정량적·정성적 특성에 대한 구분이 필요하지 않고, 평가자들의 판단이 논리적 일관성을 가지는지에 대한 여부를 CR(Consistency Ratio) 값으로 검증할 수 있어 결과에 대한 신뢰성을 확보할 수 있다(조근태 외, 2003). 온실가스 감축 분야의 다양한 국내외 연구가 존재하는데 Clo et al.(2013), Konidari and Mavrakis(2007) 등 최근 해외 논문에서도 온실가스 감축 우선순위 분석을 위한 방법론으로 AHP가 사용되고 있다. 또한 대한민국 여건과 마찬가지로 기본 가이드라인 체계 및 주어진 일정 하에서 구체적 대안모색이 필요할 경우 전문가 의견을 바탕으로 한 AHP는 적용 가능한 효과적인 방법론이라 평가될 수 있다.

한편 AHP 방법론에서 종속을 가정하지 않는 상황에서는 특정 목표로부터 대안을 평가하지만 이 방법은 대안의 특성을 고려한 접근이 어려운 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 AHP 방법론에서 종속 관계를 가정해 부문별 특성을 반영함과 동시에 대안 관점에서 우선순위를 도출하는 방법론인 ANP 기법 역시 활용하였다.

AHP 기법은 박정진(2011), Ramanathan(2002), Clo et al.(2013), Konidari and Mavrakis(2007) 등 온실가스 분야에서 중점적으로 고려해야 할 사안에 대한 연구 이외에도 R. J. Javid et al.(2014), 신용광 외(2005), 심용호 외(2011), 차영래(2006)의 환경 관련 연구 등 많은 연구에서 활용되고 있다. 그리고 ANP 기법은 Jharkharia and Shankar (2007)의 연구와 같이 내·외부 종속관계를 분석하거나, AHP 방법론과 직접적인 결과 비교를 통해 계층 간 독립성 가정 여부에 따른 차이를 분석하는 연구에서도

활용되고 있다(신승윤 외, 2013; 심용호 외, 2011).

한편 AHP와 ANP에서 결과를 얻기 위해서는 가중치를 계산하게 되는데, 이를 위해 먼저 문제를 계층화하여 쌍대비교 행렬을 작성한다. 이어서 각 계층 내 중요도 및 일관성을 계산하고, 이어서 계층 전체의 중요도를 계산해 목표(Goal)에 대한 각 대안 또는 하위 기준의 우선순위를 결정한다. 이때 일관성 지수(Consistency Index, C.I.) 및 일관성 비율(Consistency Ratio, C.R.) 등 판단기준을 적용해 각 계층 간 일관성 확보 여부를 판단한다.

이에 비해 ANP는 AHP에서 계층 간의 독립성이 확보되지 않는 가정을 전제로 사회현상과 연계해 네트워크로 확장시킨 방법론이다. ANP 분석 방법론은 사회현상의 복잡한 상호작용을 효과적으로 분석할 수 있는 장점이 있고, 특히 위험과 불확실성 상황의 포함 여부를 파악할 수 있다(Saaty, 2003). ANP 방법론은 Feedback형과 Series<sup>1)</sup>형으로 구분되는데 본 연구에서는 Feedback ANP 방법론을 사용한다. 이 방법론은 대안 채택은 일정 사회적 조건하에서 이루어진다는 접근으로서, 즉 사회현상에 관한 시나리오 설정 하에서 기준 및 대안 가중치를 분석하는 방법이다. 예를 들어 다수의 시나리오가 있다고 가정할 때 어떤 시나리오를 선택하느냐에 따라 평가기준의 가중치가 일차적으로 결정되고, 이에 따라 대안 가중치가 순차적으로 결정된다. 즉, 시나리오·평가기준·대안간 상호 피드백 과정을 통해 평가기준 및 대안 가중치가 최종 결정되는 방식이다. 이는 AHP 방법론상 주어진 목표(Goal)에 따라 상하향식으로 평가기준, 대안 가중치를 산정하는 방식과 차이를 보인다. 한편 Series형 ANP 모형에서는 목표 아래 시나리오를 설정해 시나리오는 목표의 영향을 받되, 평가기준은 기존의 AHP 모형과 달리 시나리오의 영향을 받는다. Series형에서는 시나리오가 기본적으로 목표 종속적이기 때문에 AHP의 목표 종속성 속성과 유사하다고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 Feedback ANP 모형을 이용하였다.

Feedback ANP 모형에서는 AHP의 목표가 없는 상태에서 대안에 따라 시나리오와 평가기준의 가중치가 결정된다. 따라서 평가대안과 시나리오 간, 그리고 평가기준과 시나리오 간 쌍대비교를 통해 가중치를 산정한다. 기존 AHP 방법론과의 차이점은 대안 관점에서 시나리오에 대한 가중치를 도출하고, 시나리오 관점에서 다시 평가기준의

1) Series ANP 모형은 목표(Goal)로부터 시나리오의 가중치가 결정되고, 평가기준은 시나리오에 따라 달라지는 경우를 뜻한다. 예를 들면 하나의 시스템을 선정하는 데 있어 시나리오는 목표에 따라 가중치가 달라지고, 평가기준은 상위 계층인 시나리오에 의해 가중치가 결정되는 경우에 적용할 수 있다.

가중치를 도출하는 점이라고 할 수 있다. 이를 통해 AHP 방법론에서와 같이 평가기준·대안 간 가중치가 최종적으로 산정된다. 도출된 가중치는 수퍼매트릭스 대행렬(W)<sup>2)</sup>의 무한 수렴을 통해 평가기준·대안·시나리오의 최종 가중치로 재계산된다(식 1). 2개 시나리오(S), 3개 평가기준(C), 2개 대안(A) 사례의 Feedback ANP 모형 가중치 산정절차 방식으로 요약하면 다음 <그림 1>과 같다.

그림 1 Feedback ANP 모형 가중치 산정절차 (2개 시나리오, 3개 평가기준, 2개 대안 사례)

대안1 (A <sub>1</sub> )			시나리오1 (S <sub>1</sub> )		시나리오2 (S <sub>2</sub> )		대안2 (A <sub>2</sub> )			S <sub>1</sub>		S <sub>2</sub>	
S <sub>1</sub>			1		a <sub>21</sub>		S <sub>1</sub>			1		a <sub>21</sub>	
S <sub>2</sub>			a <sub>12</sub>		1		S <sub>2</sub>			a <sub>12</sub>		1	

S <sub>1</sub>		기준1 (C <sub>1</sub> )		기준2 (C <sub>2</sub> )		기준3 (C <sub>3</sub> )		S <sub>2</sub>		C <sub>1</sub>		C <sub>2</sub>		C <sub>3</sub>	
C <sub>1</sub>		1		a <sub>21</sub>		a <sub>31</sub>		C <sub>1</sub>		1		a <sub>21</sub>		a <sub>31</sub>	
C <sub>2</sub>		a <sub>12</sub>		1		a <sub>32</sub>		C <sub>2</sub>		a <sub>12</sub>		1		a <sub>32</sub>	
C <sub>3</sub>		a <sub>13</sub>		a <sub>23</sub>		1		C <sub>3</sub>		a <sub>13</sub>		a <sub>23</sub>		1	

[대안시나리오 쌍대비교] [평가기준시나리오 쌍대비교]

↓

C <sub>1</sub>			C <sub>2</sub>			C <sub>3</sub>		
A <sub>1</sub>			A <sub>1</sub>			A <sub>1</sub>		
A <sub>2</sub>			A <sub>2</sub>			A <sub>2</sub>		

[평가기준별 대안 쌍대비교]

↓

슈퍼매트릭스(W) 기본구성		S	C	A
	S	0	0	w <sub>s</sub>
	C	w <sub>c</sub>	0	0
	A	0	w <sub>a</sub>	0

주: w<sub>s</sub> - 시나리오-대안 가중치    w<sub>c</sub> - 시나리오-평가기준 가중치    w<sub>a</sub> - 평가기준-대안 가중치

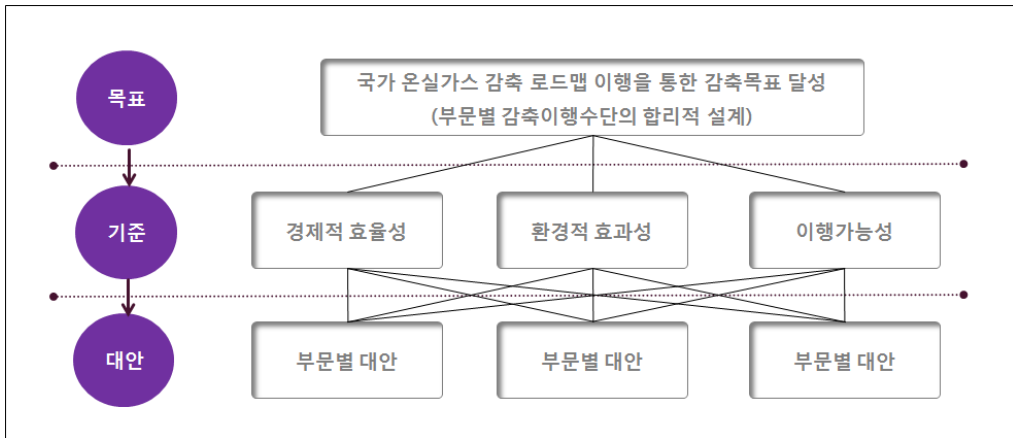
$$W = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & w_{s16} & w_{s17} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & w_{s26} & w_{s27} \\ w_{c31} & w_{c32} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ w_{c41} & w_{c42} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ w_{c51} & w_{c52} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & w_{a63} & w_{a64} & w_{a65} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & w_{a73} & w_{a74} & w_{a75} & 0 & 0 \end{pmatrix} \approx \lim_{n \rightarrow \infty} \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & w_{s16}^* & w_{s17}^* \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & w_{s26}^* & w_{s27}^* \\ w_{c31}^* & w_{c32}^* & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ w_{c41}^* & w_{c42}^* & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ w_{c51}^* & w_{c52}^* & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & w_{a63}^* & w_{a64}^* & w_{a65}^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & w_{a73}^* & w_{a74}^* & w_{a75}^* & 0 & 0 \end{pmatrix} \dots \dots \text{(식 1)}$$

2) 수퍼매트릭스 대행렬(W)은 평가기준-대안-시나리오 간 도출된 가중치로 구성된다. i개 평가기준, j개 대안, k개 시나리오의 경우 수퍼매트릭스 대행렬은 (i+j+k)x(i+j+k) 행렬이다.

## 2. 연구 모형 설정

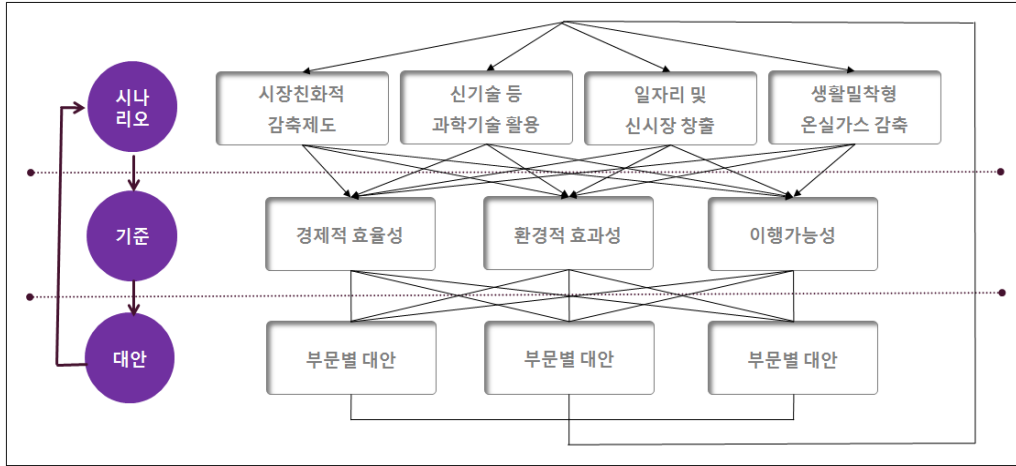
본 연구에서는 연구 목적에 부합되도록 AHP, ANP 모형을 설정하였다. 먼저 AHP 방법론을 통해 7대 부문의 로드맵 달성 차원에서 부문별 감축수단 이행과정을 극대화할 수 있는 정책 설계 방안을 제시하고자 목표, 평가기준, 대안 형태의 연구모형을 <그림 2>와 같이 설정하였다.

그림 2 AHP 모형체계



<그림 3>은 Feedback ANP 체계에 근거한 연구 모형으로서 7대 부문에서 제시된 특성을 반영하고자 하였다. 시나리오는 AHP 목표 계층을 대체하며, 나머지 기준 및 대안 계층은 AHP 체계와 동일하다. Feedback ANP 모형에서는 목표 계층에 의해 하향식으로 기준 가중치가 결정되는 AHP 모형과 상이하게 대안(이행 방안)에 따라 시나리오의 가중치, 이에 따른 기준의 가중치가 결정된다.

그림 3 ANP 모형체계



먼저, 평가 기준으로는 국가 온실가스 감축 로드맵의 달성 목표와 이를 위해 도입되는 감축 수단을 평가하는 기준으로 경제적 효율성(Economic Efficiency), 환경적 효과성(Environmental Effectiveness), 이행가능성(Feasibility, Political Acceptance)을 선정하였다. 이 세 가지 평가기준은 환경경제학에서도 일반적으로 환경정책 수단을 평가하는 요소로 사용되며<sup>3)</sup>, 특히 온실가스 배출 감축 분야와 관련된 아래와 같은 다수 연구에서도 적용되고 있다.

경제적 효율성은 Konidari and Mavrakis(2007), Clo et al.(2013), 차영래(2006)의 연구를 토대로 감축수단 도입에 따른 정태적 관점에서의 한계저감비용 최소화로 정의하였고, 환경적 효과성은 이상엽 외(2012), 신용광 외(2005), Konidari and Mavrakis(2007), Clo et al.(2013), 차영래(2006)의 연구를 토대로 기술개발 및 투자 촉진을 포함하는 온실가스 감축 효과 및 성과로 정의하였다. 마지막으로 이행 가능성은 Konidari and Mavrakis(2007), Clo et al.(2013)의 연구에서 정의된 바와 같이 동태적 관점을 반영해

3) 이와 같은 세 가지 평가기준은 일반적인 환경정책, 또는 정책입안 단계에서 적용된다. 보다 구체적인 평가를 위해서는 기술유인 효과, 환경 및 경제적 부수적 효과 등 감축수단별 특화된 평가기준을 적용하는 것이 바람직하다. 국가 로드맵에서는 부문별 감축수단 도입 일정 및 감축효과, 이행계획이 제시되어 있으나 사회경제적 및 기술적 여건에 부합되도록 구체적 이행방안에 관한 완비가 요구된다. 즉, 로드맵의 감축수단들은 국가 감축목표 설정을 바탕으로 온실가스 감축방향의 시그널을 제시한다는 측면에서 국내 온실가스 감축분야의 총체적인 아우트라인(a large scale plan) 성격을 지닌다. 이와 같은 국가 로드맵의 특성을 고려해 본 연구에서는 일반적인 환경정책 평가기준으로 사용되는 환경성, 경제성, 이행성을 적용하였다. 다른 한편으로 본 연구에서는 7대 부문의 총 38개의 감축수단을 연구대상으로 하고 있어 이들을 포괄할 수 있는 기초 정책 연구적 성격의 평가기준을 설정하였다. 본 연구와 같은 분석을 통해 향후 연구에서는 이와 같은 부문별 감축수단별 특성에 부합되는 평가기준을 설정하고 분석해야 할 것이다.

국가 온실가스 감축 목표달성을 위한 정부정책에 대한 수용성, 그리고 해당 정책의 실행 가능성으로 정의하였다. 그리고 부문별 감축 수단은 로드맵 제시안을 토대로 AHP·ANP 연구모형에 적용하였다. 부문별로 설정된 대안들은 효율성, 효과성, 이행 가능성의 평가기준에 따라 우선순위가 평가된다. 또한 ANP 방법론에서 평가하고자 하는 시나리오 계층은 국가 감축로드맵에서 감축전략으로 제시된 시장 친화적 감축제도, 신기술 등 과학기술 활용, 일자리 및 신시장 창출, 생활 밀착형 온실가스 감축 전략 등 총 네 가지로 설정하였다.<sup>4)</sup>

한편 AHP와 ANP 분석을 위해 각 방법론마다 Saaty(1980)가 제안한 9점 척도를 사용해 설문지를 작성하였고 조사 개요 및 변수별 설명을 설문지에 포함시켜 응답자의 이해를 돕고자 하였다. 설문 기간은 2개월에 걸쳐 수행되었으며 e-mail 및 현장 설문조사 방법을 통해 진행되었다. 표본 집단은 대학, 연구기관, 공공기관, 산업계, 시민단체 등 관련분야 국내 전문가 20명이다. 분석 도구로는 AHP는 Makeit, ANP는 Superdecisions 소프트웨어를 각각 사용하였다.<sup>5)</sup>

### III. 분석 결과

#### 1. 평가기준 우선순위(AHP, ANP)

부문별 AHP, ANP 방법론의 평가기준 분석 결과는 아래 <그림 4>와 같다. 먼저 AHP의 모든 부문에서 CR 값이 Saaty(1990)가 제시한 최소 권장 기준치인 0.2 이하로 나타나 분석 자료가 일관성이 있는 것으로 나타났다. 분석 결과 7개 모든 부문에서 이행가능성의 중요성이 가장 높게 나타났는데, 이는 국내의 경우 온실가스 감축 로드맵 달성을 위해서는 정책의 수용 정도 및 이행 방안의 실행 가능성이 경제적 효율성과 온실가스 저감 성과에 비해 상대적으로 더 중요하게 인식될 필요가 있다는 것을 의미한다.

한편 효과성은 수송, 공공, 농림·어업, 폐기물 부문에서 이행 가능성에 이어 두 번째로 중요한 평가 기준으로 분석되었고, 효율성은 산업, 건물, 전환(발전) 부문에서 이

4) 본 연구에서 사용된 부문별 감축 수단과 시나리오는 국가 로드맵에 제시되어 있는 세부 이행계획(감축방안별 개요와 감축 잠재량)과 감축전략이다(국무조정실, 2014). 본 논문에서는 지면 관계상 부문별 감축 수단 및 시나리오에 대해 상세한 내용은 생략하고 개괄적인 정의 중심으로 기술하였다.

5) <http://www.expertchoice.co.kr/makeit>; <http://www.superdecisions.com>

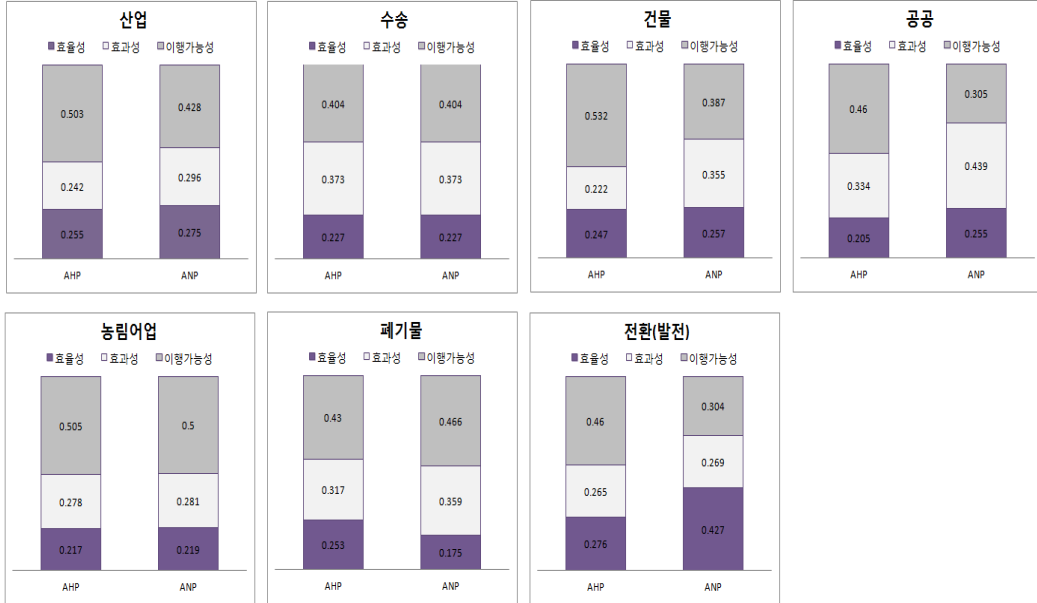


행 가능성에 이어 두 번째 중요한 평가기준으로 나타났다. 즉, 공공성이 강하고 포괄적 배출원 성격을 지니는 부문에서는 온실가스의 직접적 감축성과가 경제적인 효율성에 비해 상대적으로 더 많이 고려되어야 하고, 특히 정부 주도의 감축정책에서 중요한 기준이 될 필요가 있다는 것을 뜻한다. 반면, 산업, 건물 등 배출원의 원인이 명확하고 산업경쟁력과 높은 연관성을 가지는 부문, 그리고 국내 온실가스 배출의 절대 비중을 차지하는 전환(발전) 부문 등은 온실가스 저감을 위한 투자 대비 성과의 중요성이 기술 투자 등을 통한 직접적인 저감 실적보다 상대적으로 더 비중 있게 다루어져야 할 정책 방향으로 분석되었다.

ANP 분석에서도 CR 값이 모든 시나리오 관점에서 0.2 이하의 값으로서 AHP 모형과 같이 일관성이 있는 분석 자료인 것으로 평가되었다. ANP 평가기준에 관한 분석결과는 AHP 방법론 대비 약간의 차이가 나타났다. 먼저 공공 부문의 경우 AHP 방법론과 달리 친시장 정책, 신시장 창출, R&D 관점에서 효과성의 중요도가 효율성, 이행 가능성에 비해 높게 나타나면서 효과성이 이행 가능성보다 더 높은 가중치를 나타내어 부문 내에서 가장 중요한 판단 기준으로 분석되었다. 전환(발전) 부문에서도 친시장 정책과 R&D 관점에서 효율성의 중요도가 높게 평가되면서 종합적인 평가기준 가중치가 효과성, 이행 가능성에 비해 상대적으로 높게 평가되어 AHP 방법론과 결과의 차이를 보였다. 한편 산업, 수송, 건물, 농림·어업, 폐기물 부문에서는 이행가능성이 AHP 방법론과 마찬가지로 가장 높은 중요성을 나타내는 것으로 평가되었다. 그러나 모든 부문에서 효과성이 효율성보다 더 높은 중요도 수치를 보인 점은 AHP 분석 결과와 상이하다고 할 수 있다.

이와 같이 분석 결과가 상이하게 나타난 원인으로는 ANP 모형의 경우 사전 제시된 온실가스 저감 로드맵 이행 시나리오 관점에서 평가기준을 분석하는 반면, AHP 모형은 시나리오에 대한 정보가 없는 상황에서 직접 평가기준의 중요도 분석이 이루어진다. 즉, 평가기준에 대한 접근법에 의해 차이가 비롯된다. 그러므로 부문별 특징 반영 여부에 따라 평가기준의 우선순위가 다르게 평가될 수 있음을 시사한다.

그림 4 평가기준 우선 순위 분석 결과(AHP, ANP)<sup>6)</sup>



주: AHP C.R값: 산업(.011), 수송(.008), 건물(.006), 공공(.013), 농림어업(.017), 폐기물(.016), 전환(.000). ANP 방법론에서도 모든 시나리오 관점에서 평가기준 평가 시 C.R값이 0.2 이하

## 2. 시나리오 우선순위(ANP)

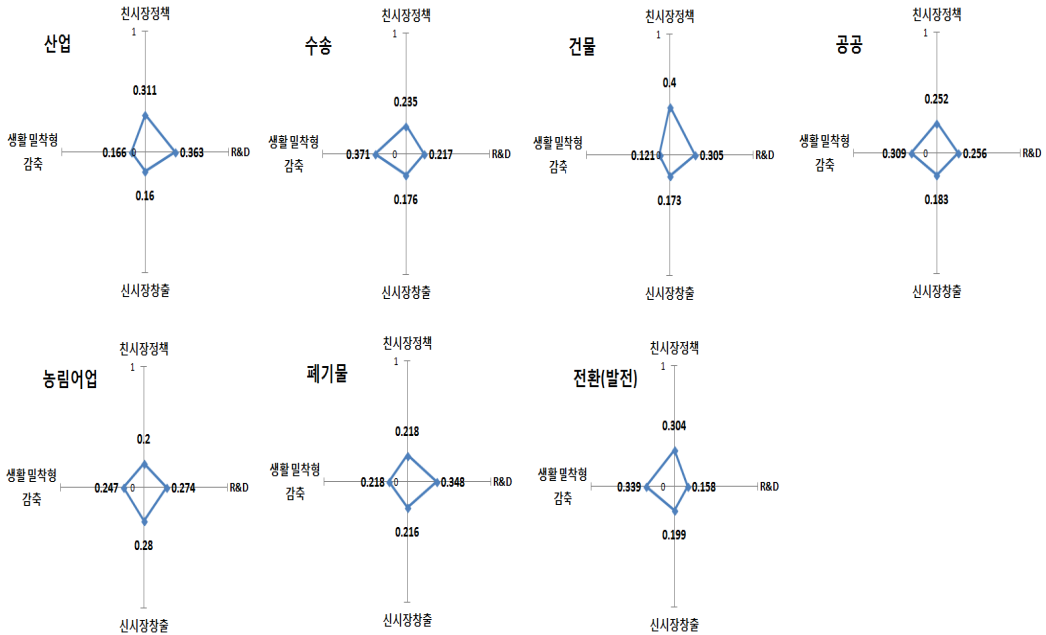
ANP 방법론으로 대안 관점에서 감축 로드맵 시나리오의 중요도를 도출한 결과는 <그림 5>와 같다. CR 값은 모든 대안 관점에서 Saaty(1990)가 제시한 최소 권장 기준치인 0.2 이하로 나타나 분석 자료가 일관성이 있는 것으로 조사되었다. 분석 결과 건물과 전환(발전) 부문에서는 친시장정책, 산업, 농림·어업, 폐기물 부문에서는 기술개발의 중요도, 그리고 수송과 공공 부문에서는 생활 밀착형 감축의 중요성이 가장 높게 나타났다.

즉, 건물 부문과 전환(발전) 부문에서는 시장 친화적인 정책전략으로 에너지 효율 증대 및 실제 온실가스 감축 성과를 도모하는 것이 필요하다는 의미이다. 이는 동 부문들의 저감잠재성은 감축정책에 따라 결정적인 영향을 받을 수 있는 특징을 지니므로, 동 부문에서 감축정책 추진 및 이행은 기타 부문에 비해 상대적으로 매우 중요하다. 따라

6) 본 연구에서 제시된 ANP 모든 계층(평가기준, 시나리오, 대안)의 가중치 값은 표준화된 수치임.

서 이를 실현하기 위해서는 시장 친화적 이행전략이 전제될 필요가 있다는 것으로 해석될 수 있다. 산업, 농림어업, 폐기물 부문은 기타 부문에 비해 상대적으로 저감잠재성이 취약한 특징을 지닌다. 이를 고려할 때, 해당 부문의 산업별, 공정별 특성이 반영된 현실적이고 미래지향적인 온실가스 저감 기술개발을 이행전략의 우선순위로 설정할 필요가 있다는 분석결과로 평가된다. 한편 수송과 공공 부문은 특정 배출원 대상의 규제가 어려운 특징을 고려할 때 일상생활에서 온실가스를 절감할 수 있도록 하는 전략의 전제가 특히 중요하다는 의미로 해석될 수 있다. 위와 같은 부문별 특징을 바탕으로 설정되는 이행전략 하에서 이를 실현하기 위한 합리적인 대안채택에 접근하는 것이 중요하다.

그림 5 시나리오 가중치 분석 결과(ANP)



### 3. 부문별 감축수단(대안) 우선순위

각 부문 대안별 종합 가중치 및 기준 관점의 중요도 분석결과는 <표 1>과 같다. 분석 결과 AHP, ANP 방법론에 따라 대안별 종합 가중치 및 기준 관점 가중치가 상이하게 도출되었다. 이는 앞서 도출된 평가기준의 가중치가 각 방법론마다 다르게 나타난 것에서 비롯된다. 특히 공공과 전환 부문의 경우 최우선순위가 AHP 방법론에서는 이행 가능성으로 나타났으나, ANP 방법론에서는 각각 효과성과 효율성이 가장 중요한 평가기준으로 분석되었다. 그리고 나머지 5개 부문에서도 AHP 방법론에서 모두 가장 낮은 가중치를 나타낸 효과성이 ANP 방법론에서는 이행 가능성에 이어 두 번째로 중요한 평가기준으로 나타났다. 이와 같이 대안을 평가함에 있어 근본이 되는 평가기준의 가중치가 다르게 도출되었기 때문에 종합 가중치가 유발된다. 또한, 각 평가기준 관점에서 대안을 평가했을 때의 해당 대안 가중치가 방법론에 의해 다르게 나타난 점도 종합 가중치 값 변화 요인으로 작용된다.

이어서 기준 관점의 각 부문 내 대안 분석 결과, 앞서 도출한 대안별 종합 가중치 도출 결과와 같이 방법론별로 각 부문 내의 기준 관점 우선순위에서도 차이가 나타났다. 이 역시 각 방법론의 가중치 산정 접근 방식 차이에서 비롯된다. AHP 방법론에서는 평가기준의 가중치를 산출한 후 각 평가기준 관점에서 대안의 가중치를 측정한다. 반면 ANP 방법론에서는 대안 관점에서 시나리오를 평가하고, 시나리오 관점에서 평가기준의 가중치를 측정한 후 다시 평가기준 관점에서 대안의 가중치를 도출한다. 즉, 가중치 도출에 있어서 방법론의 선택이 중요함을 시사한다. 한편 모든 부문의 대안에 대해 각 평가기준 관점에서 추정된 우선순위 역시 방법론에 따라 다르게 나타났다. 산업 부문의 배출권거래제 대안은 AHP 방법론에서 효율성이 가장 중요한 평가기준으로 나타났으나, ANP 방법론에서는 이행 가능성의 중요도가 가장 높았다. 전환 부문의 경우 AHP 방법론에서 수요관리 정책 강화와 지능형 수요관리 확대 대안은 효율성, 신재생에너지 보급 대안은 이행 가능성, 선도기술 개발 대안은 효과성의 중요도가 가장 높았다. 그러나 ANP 방법론에서는 수요관리 정책 강화 대안은 효과성, 지능형 수요관리 확대 대안과 선도기술 개발 대안은 이행 가능성의 중요성이 가장 높았다. 건물 부문의 가정 냉·난방설비 및 열효율 개선 대안, 그린리모델링 대안은 AHP 방법론에서 효과성, ANP 방법론에서 효율성이 가장 중요한 평가기준으로 분석되었다.

표 1 AHP, ANP 방법론을 이용한 대안 분석 결과

부문	대안 (종합가중치) (ANP, AHP)		기준	기준 관점 가중치		부문	대안 (종합가중치) (ANP, AHP)		기준	기준 관점 가중치	
				AHP	ANP					AHP	ANP
산업	배출권거래제 시행		효율성	.188	.090	매립 에너지 업	가축분뇨 처리시설		효율성	.133	.287
			효과성	.148	.119				효과성	.173	.090
	.155	.122	이행가능성	.141	.144		.150	.201	이행가능성	.144	.226
	연료대체		효율성	.154	.313		신재생에너지 보급		효율성	.125	.156
			효과성	.219	.225				효과성	.162	.208
	.208	.233	이행가능성	.231	.187		.135	.144	이행가능성	.125	.103
	열병합발전		효율성	.125	.111		논물관리		효율성	.182	.136
			효과성	.145	.142				효과성	.120	.161
	.120	.118	이행가능성	.105	.106		.146	.121	이행가능성	.146	.093
	폐열처리 회수시설 확대		효율성	.190	.178		에너지 절감시설		효율성	.195	.115
			효과성	.159	.184				효과성	.244	.200
	.165	.209	이행가능성	.156	.247		.231	.169	이행가능성	.238	.174
	공정배출감소		효율성	.154	.120		화학비료 절감		효율성	.211	.130
			효과성	.147	.139				효과성	.174	.241
	.143	.137	이행가능성	.135	.146		.204	.189	이행가능성	.217	.184
	기기효율개선		효율성	.189	.189		장내 발효		효율성	.154	.175
효과성			.182	.191	효과성	.127			.099		
.210	.181	이행가능성	.233	.170	.135	.176	이행가능성	.131	.219		
수송	ITS 구축		효율성	.142	.156	폐기물	폐기물의 에너지화		효율성	.200	.091
			효과성	.157	.090				효과성	.235	.334
	.189	.115	이행가능성	.245	.113		.236	.183	이행가능성	.258	.101
	대중교통 인프라 확충		효율성	.181	.213		생활폐기물 감량		효율성	.138	.293
			효과성	.147	.221				효과성	.123	.105
	.240	.223	이행가능성	.238	.230		.130	.199	이행가능성	.130	.236
	철도, 연안해운 수송비용 증대		효율성	.181	.169		사업장폐기물 감량		효율성	.145	.237
			효과성	.147	.161				효과성	.121	.101
	.154	.169	이행가능성	.147	.175		.130	.153	이행가능성	.127	.161
	온실가스 배출기준 강화		효율성	.223	.242		신재생에너지 보급		효율성	.130	.111
			효과성	.269	.214				효과성	.153	.151
	.221	.229	이행가능성	.175	.234		.142	.139	이행가능성	.141	.141
친환경차 보급		효율성	.210	.220	매립가스 발전		효율성	.187	.115		
		효과성	.187	.314			효과성	.214	.164		
.196	.264	이행가능성	.196	.248	.188	.142	이행가능성	.169	.135		

부문	대안 (종합가중치) (ANP, AHP)		기준	기준 관점 가중치		부문	대안 (종합가중치) (ANP, AHP)		기준	기준 관점 가중치		
				AHP	ANP					AHP	ANP	
건 물	에너지 절감 및 성능 향상		효율성	.188	.142	폐목재 재활용			효율성	.201	.153	
			효과성	.232	.243				효과성	.154	.144	
	.178	.186	이행가능성	.152	.164	.175	.184	이행가능성	.176	.226		
	가정 냉·난방설비 및 열효율 개선		효율성	.161	.279	수요관리 정책 강화				효율성	.381	.500
			효과성	.178	.257					효과성	.388	.547
	.187	.247	이행가능성	.203	.218	.355	.428	이행가능성	.320	.222		
	그린리모델링		효율성	.107	.176	신재생에너지 보급				효율성	.185	.115
			효과성	.146	.159					효과성	.223	.140
	.102	.129	이행가능성	.082	.069	.228	.161	이행가능성	.257	.244		
	신재생에너지 보급		효율성	.097	.102	지능형 수요관리 확대				효율성	.236	.230
			효과성	.138	.116					효과성	.183	.182
	.101	.107	이행가능성	.088	.102	.215	.240	이행가능성	.220	.306		
	전자제품 효율 개선		효율성	.229	.177	선도기술 개발				효율성	.197	.155
			효과성	.139	.171					효과성	.205	.131
	.221	.177	이행가능성	.251	.182	.202	.171	이행가능성	.203	.228		
LED 보급 확대		효율성	.219	.124	전 환							
		효과성	.168	.055								
.211	.154	이행가능성	.225	.265								
목표관리제 강화		효율성	.191	.107								
		효과성	.170	.076								
.216	.097	이행가능성	.260	.118								
기존·신축건물 단열 강화		효율성	.158	.290								
		효과성	.226	.370								
.171	.302	이행가능성	.141	.214								
전동기기 효율 개선		효율성	.165	.175								
		효과성	.155	.170								
.155	.184	이행가능성	.150	.211								
냉난방기 효율 개선		효율성	.250	.290								
		효과성	.245	.285								
.233	.283	이행가능성	.216	.274								
조명기기 고효율화		효율성	.237	.138								
		효과성	.207	.099								
.226	.135	이행가능성	.234	.182								

## IV. 결론 및 시사점

본 연구에서는 AHP와 ANP 접근에 따른 부문별 정책방향, 부문별 감축수단의 설계 방향을 비교분석하였다. 먼저, AHP와 ANP 방법론 간 평가기준의 가중치가 대부분 다르게 나타났는데, 특히 공공, 전환(발전) 부문에서는 우선순위가 방법론에 따라 차이가 발생된다. 그리고 우선순위가 무차별한 부문에서도 효과성이 효율성보다 더 높은 중요도를 보인 점도 AHP 분석 결과와 상이하다고 할 수 있다. 이는 목표 관점에서 대안을 평가하는 방법과 대안 관점에서 시나리오와 평가기준의 가중치를 측정하는 방법 간의 차이에서 비롯된 것으로 분석된다. 그리고 7대 부문 중 대부분에서 평가기준으로 효율성과 효과성보다는 이행가능성이 상대적으로 중요한 것으로 분석되었는데, 이와 같은 결과는 로드맵 설정 과정 또는 이행 과정에서 부문별 특징을 반영하는 정보공유가 중요하다는 것을 의미한다. 또한, 각 부문 내 대안의 종합 가중치 도출 및 대안에 대한 기준 관점에서의 우선순위 도출에서 두 방법론 간 차이가 발생된다. 이와 같은 상이한 결과의 발생 원인으로는 AHP 방법론의 경우 목표 관점에서 대안을 평가하는 방식, ANP 방법론은 대안 관점에서 평가하는 방법을 통해 가중치 도출에 접근하였기 때문이다. 결론적으로 부문별 정책방향과 부문별 감축수단의 설계방향을 마련함에 있어 분석방법에 따라 가중치가 상이하게 추정될 수 있기 때문에 부문별 감축목표 달성과 부문별 감축수단의 특징을 종합적으로 고려하는 것이 중요함을 시사한다.

한편 AHP와 ANP를 이용해 부문별 평가기준 및 이행전략, 감축수단의 우선순위 분석 결과를 토대로 국가 로드맵 달성을 위한 부문별 정책방향 및 목표, 감축수단별 설계 방향에 관한 시사점을 도출할 수 있다. ANP의 시나리오(R&D, 친시장정책, 생활밀착형 감축, 신시장 창출)는 이행방향, AHP와 ANP의 평가기준(효율성, 효과성, 이행가능성)은 이행목표적 성격을 지닌다. 그리고 AHP와 ANP의 부문별 감축수단은 감축수단의 성공적 이행을 위한 정책설계 방향(효율성, 효과성, 이행 가능성 우선순위)적 성격을 지닌다. 따라서 AHP와 ANP의 분석결과를 종합해 보면 로드맵 이행 초기에는 우선 실현 가능한 제도 운영, 동시에 향후 감축성과를 최대화할 수 있는 기반 마련에 중점을 둔 이행방향, 그리고 이와 같은 성과 토대의 신시장 창출을 위한 단계적 전략 등과 같은 시사점들이 파악될 수 있을 것이다. 그리고 AHP는 목표·기준·대안의 순차적 체계에 의한 분석이기 때문에 해당 분석결과는 국가 로드맵 상에 제시된 부문별 감축목표 달성 관점에 초점을 둔 중요도라 할 수 있다. 한편 ANP는 부문별 대안을 바

탕으로 한 시나리오와 기준, 대안의 피드백 체계이므로 동 분석결과는 국가 로드맵에서 제시된 부문별 감축수단의 특성 및 활용에 초점을 둔 중요도라 할 수 있다. 따라서 이와 같은 관점에서 AHP와 ANP의 분석결과를 비교 종합해 보면 부문별 이행목표 설정 방식 역시 보다 구체화될 수 있을 것이다. 이와 같은 AHP와 ANP의 분석결과를 토대로 국가 로드맵 달성을 위한 부문별 정책방향 및 목표, 감축수단별 설계방향을 종합 정리하면 다음 <표 2>와 <표 3>와 같다.

표 2 AHP, ANP 방법론을 이용한 부문별 우선순위(이행방향, 이행목표)

산업	이행방향	R&D 친시장정책	>	생활밀착형 감축 신시장 창출
	이행목표	이행가능성	>	효율성 효과성 (1, 2)
수송	이행방향	생활밀착형 감축	>	친시장정책 R&D > 신시장 창출
	이행목표	이행가능성	>	효과성 효율성 (1, 2)
건물	이행방향	친시장정책 > R&D > 신시장 창출 > 생활밀착형 감축		
	이행목표	이행가능성	>	효율성 효과성 (1)
		이행가능성 효과성	>	효율성
공공	이행방향	생활밀착형 감축	>	R&D 친시장정책 > 신시장 창출
	이행목표	이행가능성	>	효과성 > 효율성 (1)
		효과성	>	효율성 > 이행가능성
농림어업	이행방향	신시장 창출 R&D	>	생활밀착형 감축 > 친시장정책
	이행목표	이행가능성	>	효과성 > 효율성 (1,2)
폐기물	이행방향	R&D	>	생활밀착형 감축 친시장정책 신시장 창출
	이행목표	이행가능성	>	효과성 > 효율성 (1,2)
전환(발전)	이행방향	생활 밀착형 감축 > 친시장정책 > 신시장 창출 > R&D		
	이행목표	이행가능성	>	효과성 > 효율성 (1,2)

주: 1) (1)은 로드맵 상의 감축목표 달성 관점, (2)는 로드맵에서 제시된 감축수단 활용 관점의 우선순위를 의미함

2) 각 순위 간 편차가 크지 않은 경우 동일한 중요도를 부여



표 3 AHP, ANP 방법론을 이용한 부문별 우선순위(정책 설계방안)

구분	구분	구분		구분		
		구분	구분	구분	구분	
산업	배출권거래제 시행 폐열회수 설비 확대	효율성 > 효과성, 이행 가능성 (1)	공공목표 관리제 강화	이행가능성 > 효율성, 효과성 (1,2)	이행가능성 > 효율성, 효과성 (1,2)	
		이행가능성 > 효과성, 효율성 (2)		기존 및 신축건물 단열 강화		효과성 > 효율성, 이행가능성 (1,2)
	연료 대체	이행가능성, 효율성 > 효과성 (1)	전동기기 효율 개선	효율성 > 효과성, 이행가능성 (1)	이행가능성 > 효율성, 효과성 (2)	
		효율성 > 효과성, 이행가능성 (2)		냉난방기 효율 개선		효율성, 효과성 > 이행가능성 (1,2)
	열병합 발전 확대	효율성, 효과성 > 이행 가능성 (1,2)	조명기기 고효율화	효율성, 이행가능성 > 효과성 (1)	이행가능성 > 효율성, 효과성 (2)	
		이행가능성 > 효율성, 효과성 (1)		효과성 > 이행가능성, 효율성 (1)		
	공통기기 효율 개선	효과성=효율성=이행가능성 (2)	가축분뇨 처리시설	효율성 > 이행 가능성 > 효과성 (2)	신재생에너지 보급	효과성 > 효율성, 이행가능성 (1,2)
효율성=효과성=이행가능성 (1,2)		효율성 > 이행 가능성 > 효과성 (2)		효과성 > 효율성, 이행가능성 (1,2)		
수송	ITS 구축	이행가능성 > 효과성, 효율성 (1)	농림어업	논물 관리	효율성 > 이행가능성, 효과성 (1)	
		효율성 > 효과성, 이행가능성 (2)			효과성 > 효율성, 이행가능성 (2)	
	대중교통 인프라 확충	이행가능성 > 효율성, 효과성 (1,2)	에너지절감시설	에너지절감시설	효과성, 이행가능성 > 효율성 (1,2)	
		철도, 연안해운 수송비용 증대		효율성 > 효과성, 이행가능성 (1)	이행가능성, 효율성 > 효과성 (1)	
	이행가능성=효율성=효과성 (2)		화학비료 절감	효과성 > 이행 가능성 > 효율성 (2)		
	온실가스 배출기준 강화	효과성 > 효율성 > 이행가능성 (1)	장내 발효	효율성, 이행가능성 > 효과성 (1)	폐기물	이행가능성 > 효율성, 효과성 (2)
		효율성, 이행가능성 > 효과성 (2)		효과성 > 이행가능성 > 효율성 (1)		폐기물 에너지화
	친환경차 보급	효율성, 이행가능성 > 효과성 (1)	생활폐기물 감량	효율성 > 이행 가능성 > 효과성 (1,2)	사업장폐기물 감량	효율성 > 이행가능성, 효과성 (1,2)
		효과성 > 이행가능성, 효율성 (2)		신재생에너지 보급		효과성, 이행가능성 > 효율성 (1,2)
	건물	에너지 절감 및 성능 향상	효과성 > 이행가능성, 효율성 (1,2)	수요관리 정책 강화	수요관리 정책 강화	효율성, 효과성 > 이행가능성 (1,2)
가정 냉난방설비 및 열원 효율 개선						이행가능성 > 효과성, 효율성 (1)
		그린리모델링	효율성, 효과성 > 이행가능성 (2)	지능형 수요관리 확대	효율성, 이행가능성 > 효과성 (1)	선도기술 개발
효과성 > 효율성, 이행가능성 (1)			효과성, 이행가능성 > 효율성 (1)		효과성, 이행가능성 > 효율성 (1)	
전자제품 효율 개선		이행가능성 > 효율성 > 효과성 (1,2)	효과성, 이행가능성 > 효율성 (1)	이행가능성 > 효율성, 효과성 (2)		
LED 보급 확대		이행가능성 > 효율성 > 효과성 (1,2)	이행가능성 > 효율성, 효과성 (2)	이행가능성 > 효율성, 효과성 (2)		

주: 1) (1)은 로드맵 상의 감축목표 달성 관점, (2)는 로드맵에서 제시된 감축수단 활용 관점의 우선순위를 의미함  
2) 각 순위 간 편차가 크지 않은 경우 동일한 중요도를 부여

본 연구는 자료제약, 연구범위 등의 이유로 인해 몇 가지 한계점을 지닌다. 첫째, 설문방식으로서 본 연구에서는 20명의 국내 전문가들을 대상으로 이메일과 현장수령 방식을 채택하였다. 분석과정에서 일관성지수를 확인하였으나 보다 광범위한 영역의 폭넓은 이해관계자를 대상으로 분석을 실시한다면 대표성 있고 신뢰할 만한 분석이 가능할 것이다. 둘째, 중장기적 관점의 차별적 분석이 부족한 점을 들 수 있다. 일례로 대표

적인 감축수단인 배출권거래제의 경우 단계적으로(2015~2017년, 2018~2020년) 실행되는데, 이와 같은 단계별 분석을 할 경우 또 다른 상이한 분석결과 및 시사점이 도출될 수 있을 것이다. 셋째, 7대 부문을 대상으로 한 방대한 연구범위로 인해 부문별·대안별로 보다 상세한 분석결과 및 시사점을 제시하지 못했다. 국가 감축로드맵의 실현은 2020년까지의 중기는 물론 2020년 이후 장기 감축목표 설정과도 직접적 연관성을 지니고 있다. 따라서 본 논문에서 제시한 시사점과 한계를 토대로, 부문별 및 감축수단별로 구체적인 설계방안이 마련·보완·점검될 수 있는 보다 발전된 방법론 연구가 꾸준히 전개될 필요가 있을 것이다.

## 참고문헌

### <국내 자료>

- 국무조정실 외. 2014. 「국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 로드맵(안)」.
- 박정진. 2011. “전력부문 온실기체 저감 수단 우선순위에 대한 이해당사자들의 시각 비교”. 「한국사회와 행정연구」 22(3): 209-237.
- 신승윤, 손명진, 현창택. 2013. “ANP 기반 도시환경정비사업의 변화관리 요인 도출 및 중요도 선정”. 「한국건설관리학회 논문집」 14(3): 176-186.
- 신용광, 김창길, 김태영. 2005. “계층분석과정(AHP)을 이용한 친환경농업정책 프로그램의 우선순위 결정”. 「농촌경제」 28(2): 39-56.
- 심용호, 변기섭, 이봉규. 2011. “AHP와 ANP 방법론을 이용한 그린 ICT 정책의 전략적 우선순위 도출 방안”. 「한국인터넷정보학회」 12(1): 85-98.
- 이상엽, 강만옥, 채여라, 고석진. 2012. 「온실가스 목표관리제와의 연계를 고려한 국내 배출권거래제 세부운영방안 연구」. 한국환경정책·평가연구원.
- 주재호. 2005. 「AHP를 활용한 공로화물운송수단의 선택요인에 관한 연구」. 서울대학교 석사학위 논문.
- 차영래. 2006. 「바이오가스 플랜트의 도입 방안에 관한 연구」. 서울대학교 석사학위 논문.
- 홍태호, 김은미, 서보밀. 2008. “AHP를 이용한 금융기관의 CRM 시스템 선정”. 「정보시스템연구」 17(2): 137-154.

### <국의 자료>

- Clo, S., S. Battles, and P. Zoppoli. 2013. “Policy options to improve the effectiveness of the EU emissions trading system: A multi-criteria analysis”. *Energy Policy*, 57: 477-490.
- Javid, J. Roxana, A. Nejat, and K. Hayhoe. 2014. "Selection of CO2 mitigation strategies for road transportation in the United States using a multi-criteria approach". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 38: 960-972.
- Jharkharia, S. and R. Shankar. 2007. "Selection of logistics service provider: An analytic network process(ANP) approach". *Omega*, 35(3): 274-289.

- Konidari, P. and D. Mavrakis. 2007. "A multi-criteria evaluation method for climate change mitigation policy instruments". *Energy Policy*, 35(12): 6235-6257.
- Ramanathan, R. 2002. "Successful transfer of environmentally sound technologies for greenhouse gas mitigation: a framework for matching the needs of developing countries". *Ecological Economics*, 42(1-2): 117-129.
- Saaty, T. L. 1978. "Modeling Unstructured Decision Problems-The Theory of Analytical Hierarchies". *Mathematics and Computers in Simulation*, 20(3): 147-158.
- \_\_\_\_\_. 1980. *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill.
- \_\_\_\_\_. 1990. "How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process". *European Journal of Operational Research*, 48(1): 9-26.
- Saaty, R. W. 2003. "The analytic hierarchy process(AHP) for decision making and the analytic network process(ANP) for decision making with dependence and feedback". *Creative Decisions Foundation*.
- Tam, M. C. Y. and V. M. R. Tummala. 2001. "An application of the AHP in vendor selection of a telecommunications system". *Omega*, 29(2): 171-182.
- Wu, W. W. 2008. Choosing knowledge management strategies by using a combined ANP and DEMATEL approach. *Expert Systems with Applications*, 35(3):828-835.
- Makeit. <http://www.expertchoice.co.kr/makeit> [2014.8.17.].
- Superdecisions. <http://www.superdecisions.com> [2014.9.1.].