



국내 신재생에너지 수요예측모형 개발 및 운용

2012.12.18

에너지경제연구원

이철용



에너지경제연구원
KOREA ENERGY ECONOMICS INSTITUTE

목 차

- I 연구의 필요성 및 목적
- II 선행연구 고찰
- III 연구의 배경
- IV 방법론
- V 추정결과 및 전망
- VI 국내 신재생에너지 확산을 위한 정책제언
- VII 결론

I. 연구의 필요성 및 목적

- ❖ 국내 시장초기상태에 있는 신재생에너지 산업은 시장에서의 성공가능성을 높이기 위해 미래의 불확실성을 줄이는 것이 무엇보다도 시급함.
 - 국내 신재생에너지源별 수요예측을 통해 어떤 기술이 시장에서 성공할 가능성이 있고 나아가 기업 또는 국가의 미래 생존전략이 될 것인지 파악해야 함.
- ❖ 현재 초기상태에 있고 경쟁환경에 있는 신재생에너지시장의 정확한 수요 예측치를 도출할 수 있는 발전된 전망모형 개발
- ❖ 개발된 예측모형을 이용하여 정부정책의 변화, 기술요소의 변화 등에 따라 시장전망 변화를 측정할 수 있는 시뮬레이션 시행
 - 성공적인 수요창출을 위해 필요한 정책 및 기술개발의 효과적인 전략을 수립할 수 있고 시장의 변화에 따른 위험요소를 예측할 수 있음.

II. 선행연구 고찰

- ❖ Jun. 2002. Forecasting Telecommunications service subscribers in substitutive and competitive environments
 - 선택기반 대체확산모형을 이용하여 모바일 통신 서비스 가입자 수를 전망
- ❖ Bass 2001. Directv: Forecasting diffusion of a new technology prior to product launch
 - 잠재 소비자 인터뷰 및 Directv의 managerial judgment를 활용하여 신기술 확산 전망
- ❖ Lee et al. 2008. Demand forecasting for new technology with a short history in a competitive environment: the case of the home networking market in South Korea
 - 신기술의 시장출시 이전에 기술 확산 최대시점과 그 시점에서의 예상수요량 정보를 이용한 수요예측
 - 경쟁관계의 신기술들의 점유율 분석은 컨조인트 분석(conjoint analysis)에 기초한 선택확률 추정을 통해 수행

국내 신재생에너지 시장에 적합한 예측모형 개발 필요

II. 선행연구 고찰

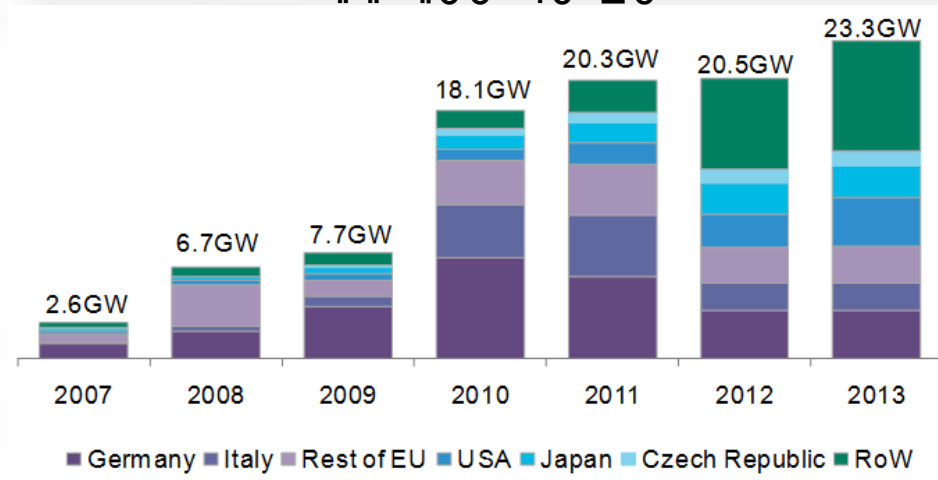
❖ IEA, ETP-TIMES MODEL

- 수많은 제약조건 식을 가진 Bottom-up Analysis
 - Input-Output 개념
 - Cost minimization
 - Resource Minimization

❖ Bloomberg New Energy Finance, Bottom-up model

- 전세계에서 계약되고 있는 프로젝트 현황을 파악하여 집계함
- 단기 전망에 적합하며 장기 전망에는 무리가 있음

<세계 태양광 시장 전망>

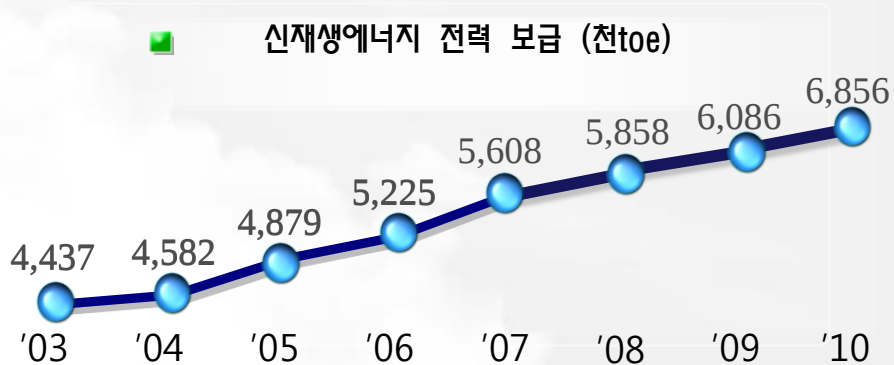


자료 : BNEF, 2011

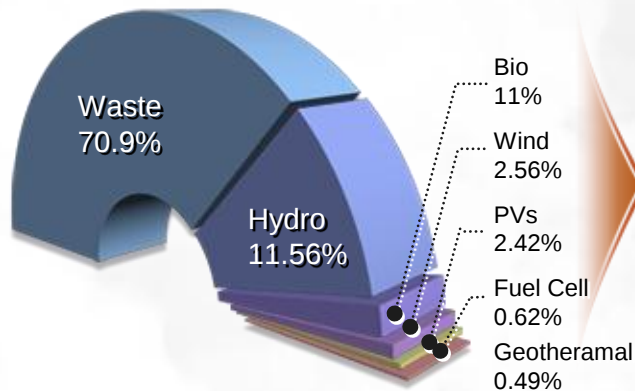
III. 연구의 배경

❖ 11개로 분류되는 국내 신재생에너지원

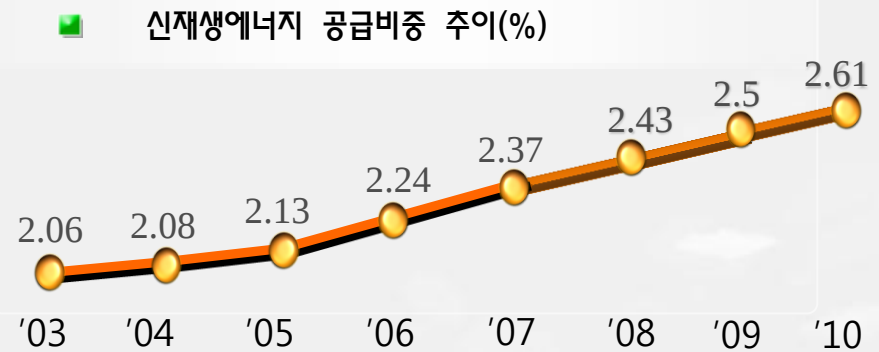
- 태양광, 풍력, 태양열, 폐기물, 바이오(LFG, 바이오디젤), 수력, 지열, 해양, 수소력, 연료전지, 석탄가스화/액화



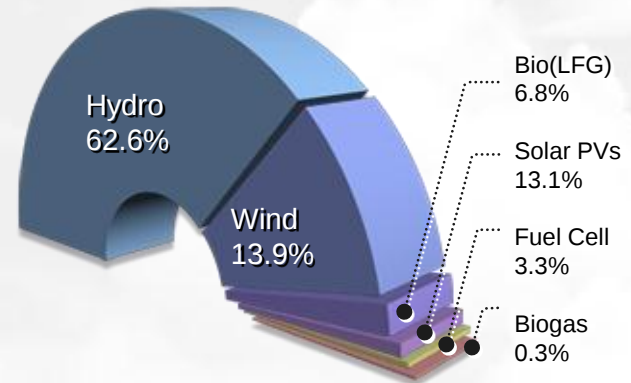
< 신재생에너지원별 공급비중 (2010) >



Waste and Hydro Power account for 80% of TPES



< 신재생에너지 원별 전력 공급비중 (2010) >



III. 연구의 배경

❖ 신재생에너지 비중 (OECD 국가)

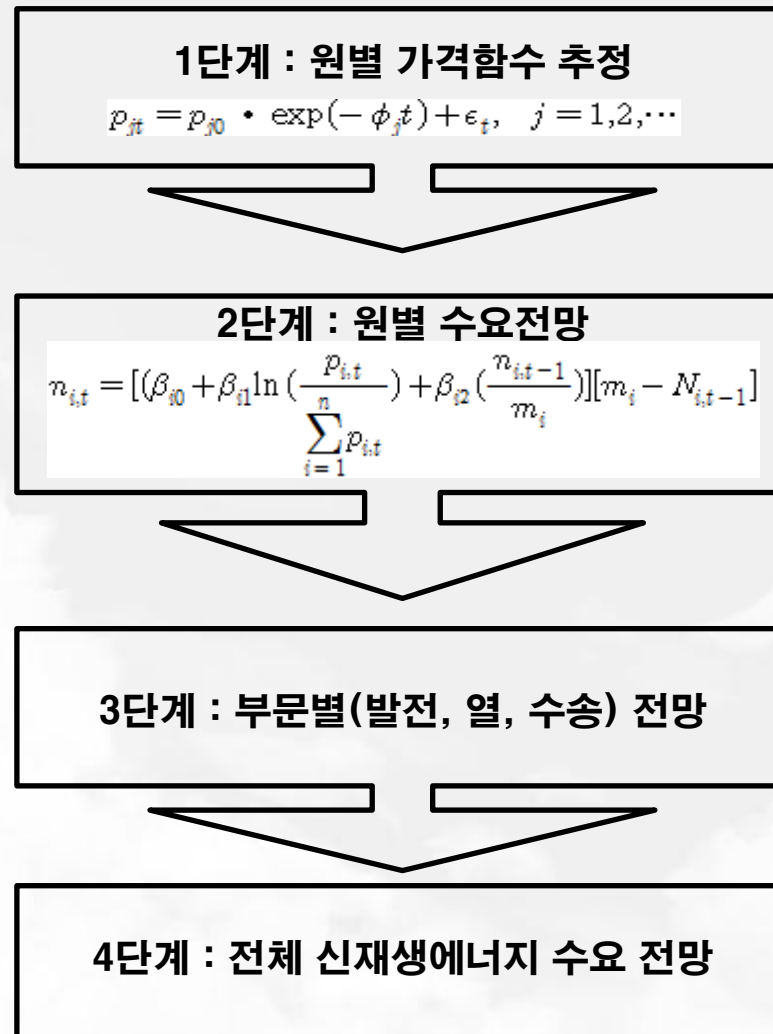
Country	2000	2010	2000-2010 CAGR	Ranking(% contribution)	Ranking (CAGR)	Country	2000	2010	2000-2010 CAGR	Ranking(% contribution)	Ranking (CAGR)
Australia	6	5.6	-0.69%	21	26	Korea	0.9	1.6	5.92%	28	12
Austria	23.9	28.7	1.85%	4	20	Luxembourg	1.9	4.1	7.99%	25	6
Belgium	1.8	5.4	11.61%	22	3	Netherlands	2.5	4.6	6.29%	23	10
Canada	16.9	17.1	0.12%	9	25	New Zealand	30.3	39	2.56%	1	17
Czech Rep ublic	3.7	6.8	6.27%	19	11	Norway	52	36.5	-3.48%	2	28
Denmark	11.4	22.2	6.89%	7	8	Poland	4.8	7.9	5.11%	17	14
Finland	24.2	25.7	0.60%	5	24	Portugal	15.6	23.9	4.36%	6	15
France	6.7	8.5	2.41%	14	18	Slovak Repu blic	4.6	8	5.69%	15	13
Germany	3.2	11.1	13.24%	12	1	Spain	5.8	12	7.54%	10	7
Greece	5.4	7.9	3.88%	17	16	Sweden	31.7	34.9	0.97%	3	21
Hungary	3.4	8	8.93%	15	5	Switzerland	20.4	22	0.76%	8	23
Ireland	1.7	4.6	10.47%	23	4	Turkey	13.3	11.1	-1.79%	12	27
Italy	6	11.2	6.44%	11	9	United King dom	1.1	3.5	12.27%	27	2
Japan	3.3	3.6	0.87%	26	22	USA	4.8	5.9	2.08%	20	19

Source : IEA, 2012

Note : % Contribution of Renewable = Renewable Energy Supply/TPES

IV. 방법론

❖ 모형 개요



IV. 방법론

❖ 1단계 : 원별 가격함수 추정

- Bayus(1993) 모형 : 시간을 설명변수로 가진 가격 함수를 추정하는 방법
- 학습률을 고려한 모형이 대안이 될 수 있음

$$p_{jt} = p_{j0} \cdot \exp(-\phi_j t) + \epsilon_t, \quad j = 1, 2, \dots$$

p_{jt} : t 시점에서 j 에너지원의 발전단가 또는 시설단가

p_{j0} : j 에너지원의 초기가격

ϕ_j : 시간이 지남에 따라 가격이 하락되는 정도를 나타내는 모수

IV. 방법론

❖ 2단계 : 원별 수요 전망

- Hahn et al.(1994) 모형 : 경쟁 환경을 고려한 확산 모형
- 신기술 확산에서 가격과 같은 경쟁적인 요소를 강조

$$n_{i,t} = [(\beta_{i0} + \beta_{i1} \ln(\frac{p_{i,t}}{\sum_{i=1}^n p_{i,t}})) + \beta_{i2}(\frac{n_{i,t-1}}{m_i})][m_i - N_{i,t-1}]$$

$n_{i,t}$ $N_{i,t}$ $p_{i,t}$: t 시점의 i 번째 신재생에너지 원의 신규 생산량, 누적 생산량, 가격

m_i : i 번째 신재생에너지 원의 잠재량

β_{i0} β_{i1} β_{i2} : 혁신계수, 경쟁계수, 모방계수

	발전 부문	열 부문	수송 부문
신재생에너지 원	태양광, 태양열, 풍력, 연료전지, 수력, 해양, 바이오, 폐기물, 석탄 IGCC, 지열	폐기물, 바이오, 지열, 태양열	바이오, 연료전지

IV. 방법론

❖ 3단계 : 부문별 전망

■ 발전 부문

- 수력, 해양, 석탄 IGCC : 정부의 장기 계획에 따라 확산이 되므로 모형에 의존하지 않고 계획에 기초하여 전망을 수행
- 폐기물 : 현재까지는 모두 열로 이용되었지만 RPS 시행에 따라 발전용으로 전환이 계획 → 발전사의 의향을 반영
- 바이오 : 발전으로 사용될 수 있는 매립지가스(Landfill Gas, 이하 LFG), 바이오가스, 펄릿혼소에 대한 발전사 의향을 반영
- 추정된 원별 전망치를 합산하여 신재생에너지 발전부문의 공급량을 예측

IV. 방법론

❖ 3단계 : 부문별 전망

■ 열 부문

- 폐기물 : 폐가스, 시멘트킬른, 정제연료유, RDF(Refuse Derived Fuel), 산업폐기물 등으로 구성

$$Y_{i,t} = B_i X_{i,t} + \epsilon_{i,t}, i = 1, 2, 3, \dots$$

$Y_{i,t}$: t기의 폐기물 i 종류의 생산량, i=폐가스, 시멘트킬른, 정제연료유, RDF, 산업폐기물

$X_{i,t}$: 각 폐기물에 영향을 미치는 설명변수

폐가스 : 철강산업의 부가가치와 석유화학 산업의 부가가치

시멘트킬른 : 시멘트생산량

정제연료유 : 자동차 등록대수

산업폐기물 : 제조업부가가치 자료

RDF : 인구 전망치 고려

- 위에서 추정된 전체 폐기물 전망치에서 발전부분을 제하여 열부문 추정

IV. 방법론

❖ 3단계 : 부문별 전망

■ 열 부문 [Cont.]

- 바이오 : 다른 에너지원과 경쟁하기 보다는 자체적으로 확산하는 성향이 강함 → Logistic Growth Model 이용

$$y(t) = \frac{y^*}{1 + e^{-(a+bt)}}$$

$y(t)$: t기의 바이오에너지 생산량

y^* : 시장 잠재량

- 추정된 원별 전망치를 합산하여 신재생에너지 열 부문의 공급량을 예측

IV. 방법론

❖ 3단계 : 부문별 전망

■ 수송 부문

- 향후 신재생연료 공급의무화(Renewable Fuel Standard, RFS) 제도 시행예정
- 전체 휘발유 소비량과 경유 소비량은 에너지경제연구원 수급팀에서 전망한 수치를 이용

<RFS 시나리오>

		RFS 시나리오		
연도	부문	RFS 시나리오		
		2015	2020	2025
2015	수송			
2020	수송			
2025	수송			
2030	수송			
2035	수송			
2040	수송			
2045	수송			
2050	수송			
2055	수송			
2060	수송			
2065	수송			
2070	수송			
2075	수송			
2080	수송			
2085	수송			
2090	수송			
2095	수송			
2100	수송			

자료 : 석유관리원, 2012

IV. 방법론

❖ 4단계 : 전체 신재생에너지 수요 전망

- 4단계에서는 3단계에서 추정된 발전 부문, 열 부문, 수송 부문의 신재생에너지 수요치를
합산하여 국내 전체 신재생에너지 수요를 전망

V. 추정결과 및 전망

❖ 시나리오 별 주요 전제

시나리오	전제조건
현 정책안	- 현재 신재생에너지 정책(RPS, 그린홈, 일반·지방보급사업 등)만 추진
신 정책안	- 신규정책(2단계 RPS, RHO, RFS 등)이 도입되는 경우 - 환경성을 고려한 규제완화를 통해 풍력 등 대규모 사업 추진(2015년까지 현재 규제된 육상풍력의 50% 규제완화) - 2023년까지 바이오디젤 5%, 바이오에탄 5%로 단계적 의무강화 - 조력발전 시화호만 적용
낙관안	- 목표안 + 기술혁신 및 국제환경 등 공격적인 상황을 가정 - 전폭적 규제완화를 통한 풍력 등 주요 정책수단 강력 시행(2015년까지 현재 규제된 육상풍력의 100% 규제완화) - 2023년까지 바이오디젤 7%, 바이오에탄 10%로 단계적 의무강화 - 조력발전 가로림만, 강화, 인천, 아산만 가동 가정

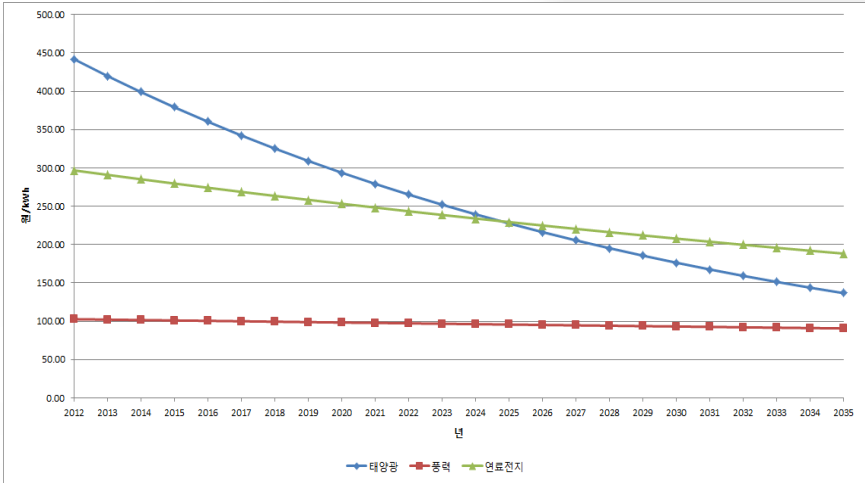
V. 추정결과 및 전망

❖ 1단계: 원별 가격함수 추정

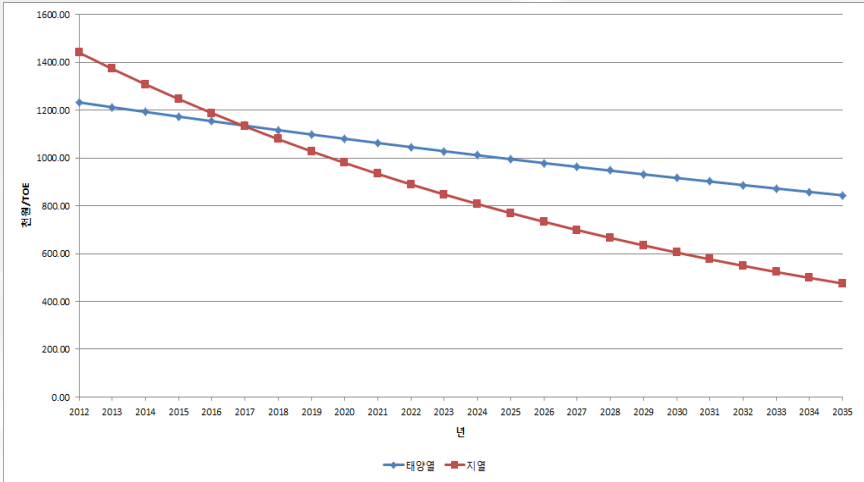
		ρ_{ϕ}	ϕ

**: 신뢰구간 1% 수준에서 유의

<원별 생산단가 전망: 발전부문 (태양광, 풍력, 연료전지)>



<원별 생산단가 전망: 열 부문 (태양열, 지열)>



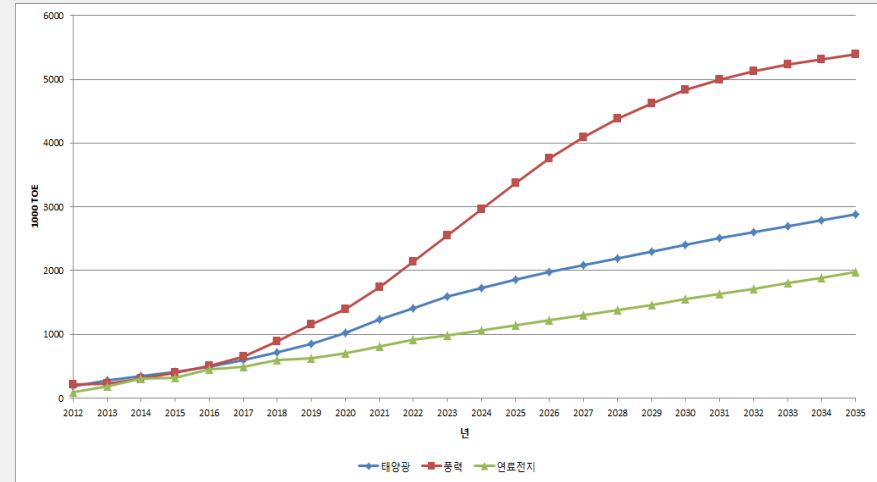
V. 추정결과 및 전망

❖ 2단계: 원별 수요 전망 - 발전부문:

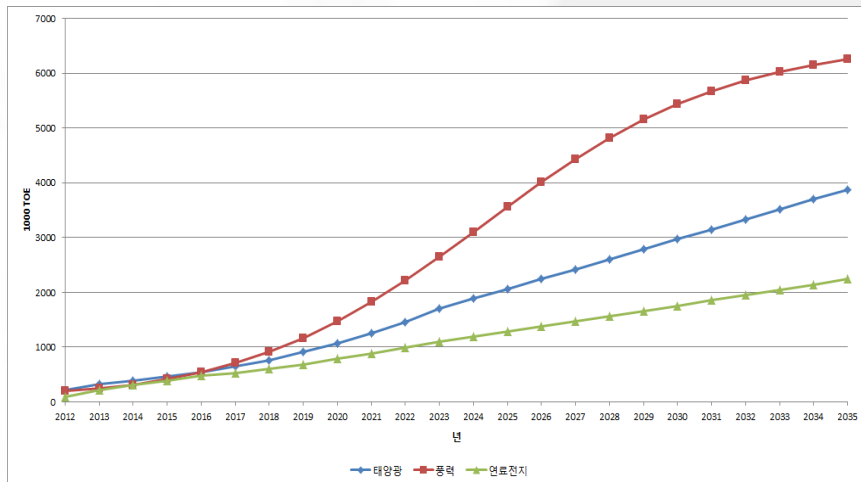
태양광, 풍력, 연료전지 수요 전망

- HPKZ 모형 추정 결과 : 모수 추정치는
보고서 참고

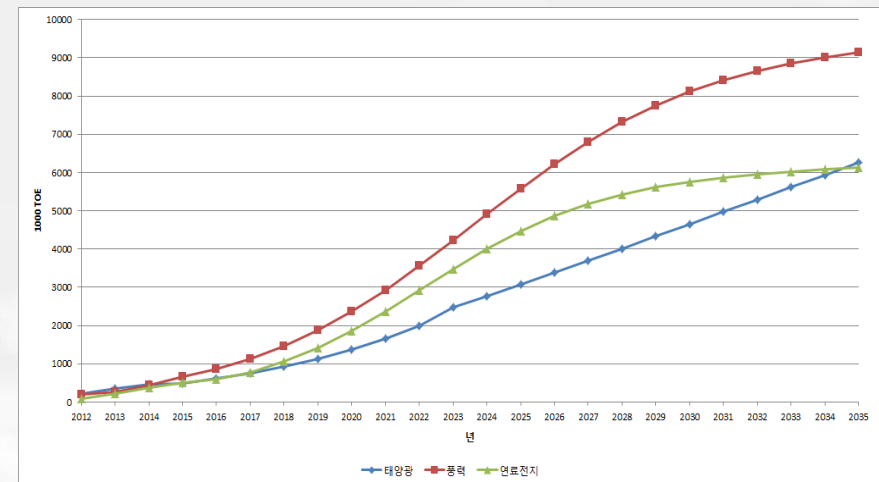
<현 정책안>



<신 정책안>



<낙관안>



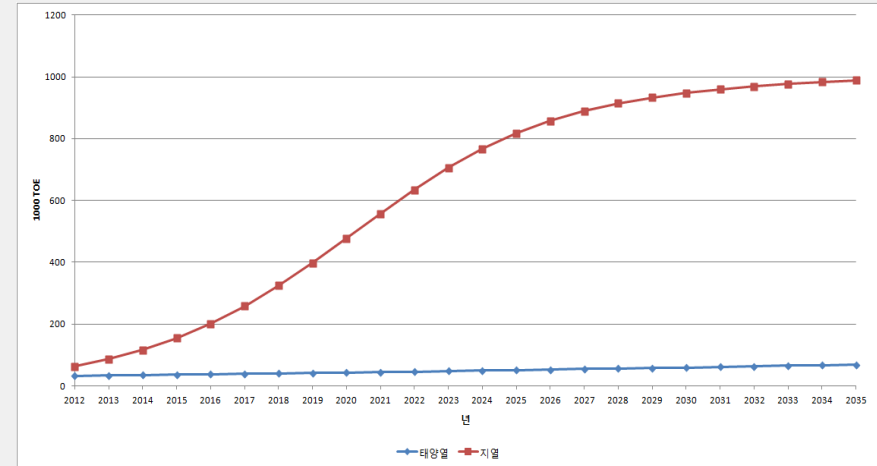
V. 추정결과 및 전망

❖ 2단계: 원별 수요 전망 - 열 부문:

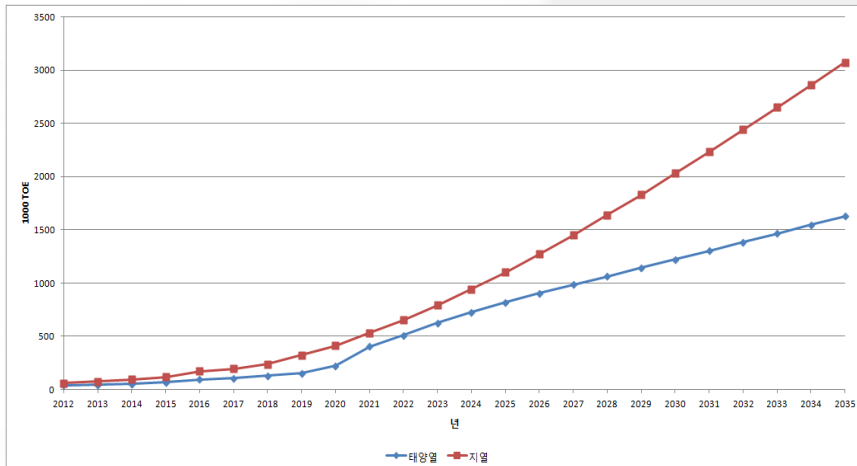
태양열, 지열 수요 전망

- HPKZ 모형 추정 결과 : 모수 추정치는
보고서 참고

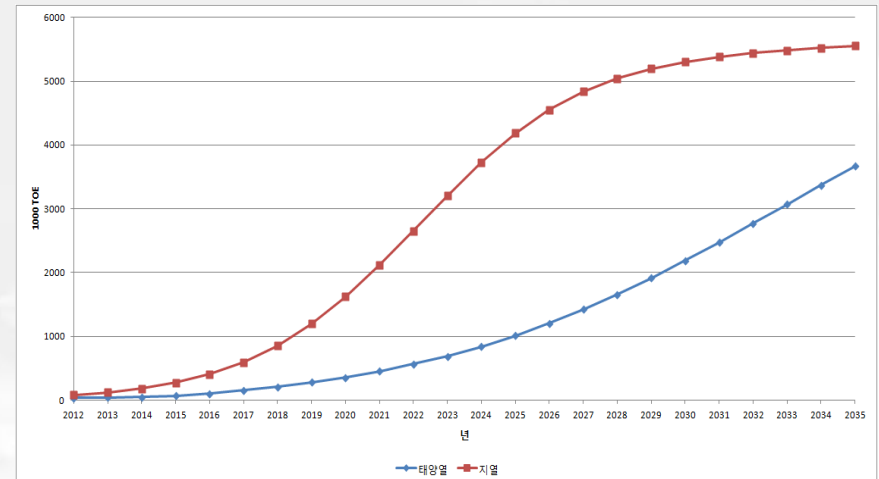
<현 정책안>



<신 정책안>



<낙관안>

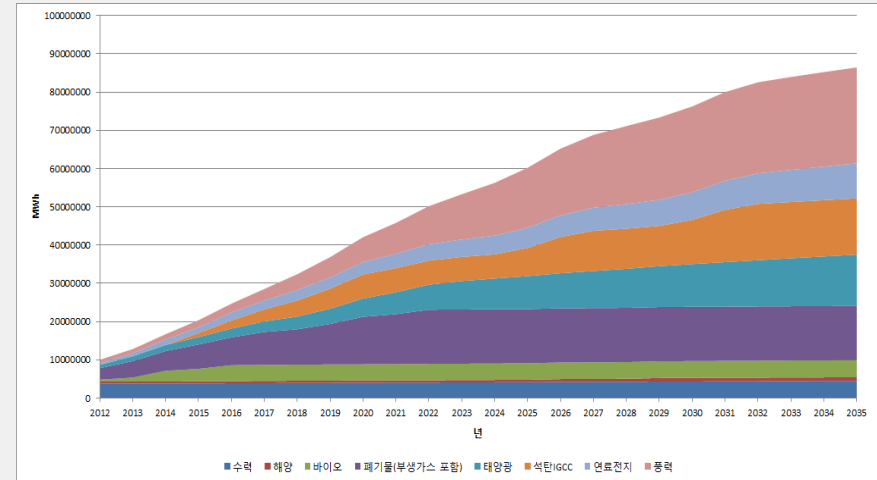


V. 추정결과 및 전망

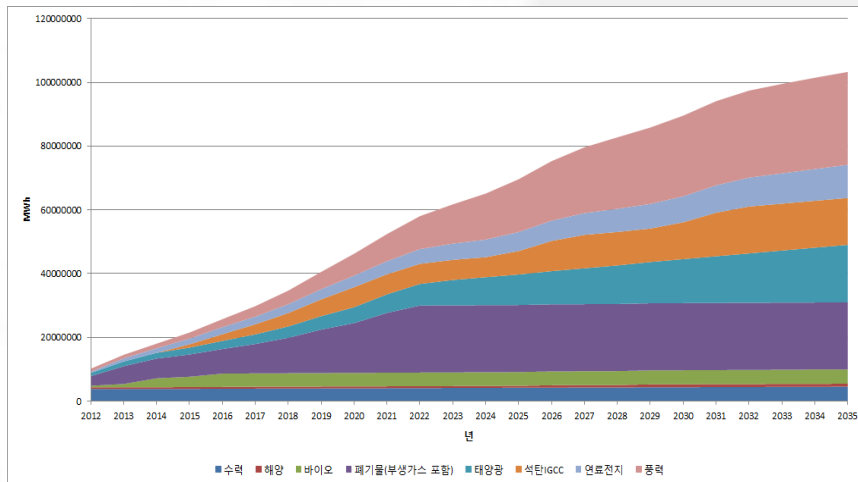
❖ 3단계: 부문별 전망 - 발전 부문

- **현 정책안** : 풍력(29%) > 석탄 IGCC(17%) > 폐기물(16%) > 태양광(16%)
- **신 정책안** : 풍력 (28%) > 태양광(17%) > 석탄 IGCC (14%) > 폐기물(13%)
- **낙관안** : 풍력 (26%) > 태양광(18%) > 연료전지(18%) > 석탄 IGCC(9%)

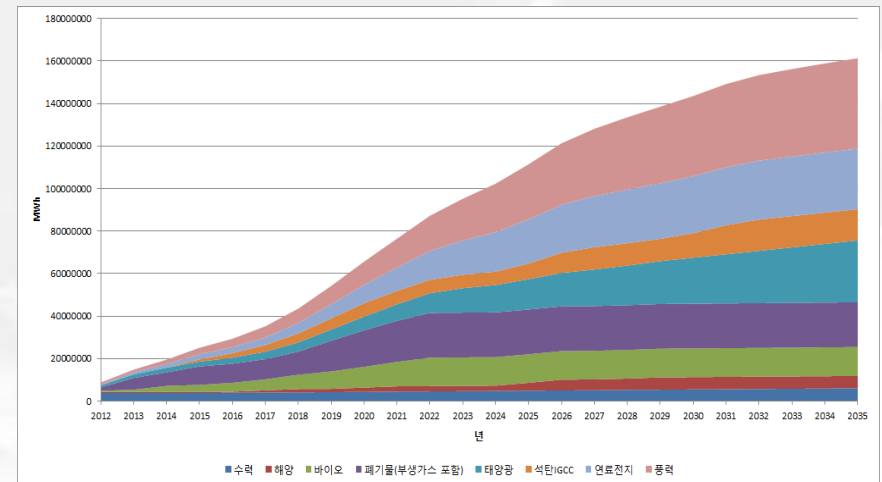
<현 정책안>



<신 정책안>



<낙관안>



V. 추정결과 및 전망

❖ 3단계: 부문별 전망 - 발전 부문

- 2035년을 기준으로 현 정책안은 16.3%, 신 정책안은 19.5%, 낙관안은 30.4%의 신재생에너지 비중을 달성
- 향후 발전 부문에서 신재생에너지의 역할이 커질 것으로 예상

<연도별 총 발전량 중 신재생에너지 발전 비중>

연도	RPS 의무비율	신재생에너지 발전량 비중 (%)		
		현 정책안	신 정책안	낙관안
2013	2.0%	2.9%	3.3%	3.4%
2014	2.5%	3.8%	4.1%	4.4%
2015	3.0%	4.6%	4.8%	5.6%
2016	3.5%	5.5%	5.7%	6.5%
2017	4.0%	6.3%	6.5%	7.7%
2018	5.0%	7.0%	7.5%	9.4%
2019	6.0%	7.9%	8.7%	11.6%
2020	7.0%	8.9%	9.8%	13.9%
2021	8.0%	9.6%	11.0%	16.1%
2022	9.0%	10.5%	12.1%	18.2%
2023	10.0%	11.0%	12.8%	19.7%
2024		11.5%	13.3%	21.0%
2025		12.2%	14.2%	22.7%
2026		13.1%	15.2%	24.5%
2027		13.8%	15.9%	25.6%
2028		14.1%	16.4%	26.5%
2029		14.4%	16.9%	27.2%
2030		14.9%	17.5%	28.0%
2031		15.5%	18.2%	28.9%
2032		15.9%	18.7%	29.5%
2033		16.0%	19.0%	29.9%
2034		16.2%	19.3%	30.2%
2035		16.3%	19.5%	30.4%

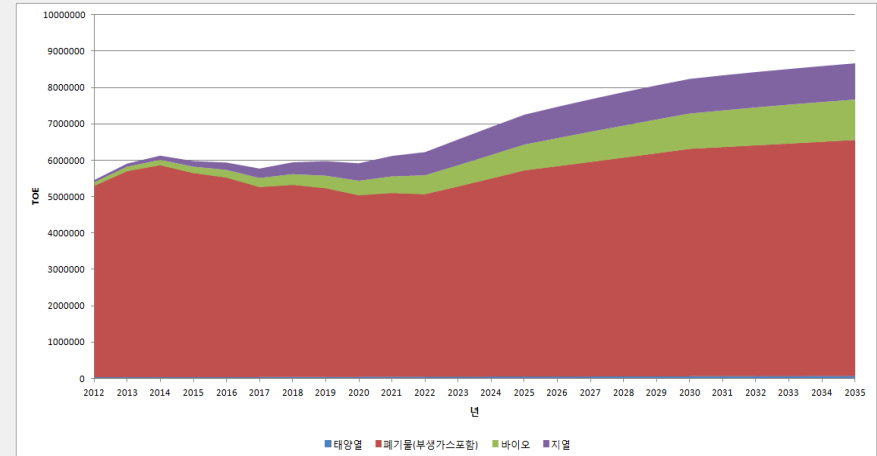
자료 : 총 발전량 전망치는 지식경제부 (2008a)에서 인용

V. 추정결과 및 전망

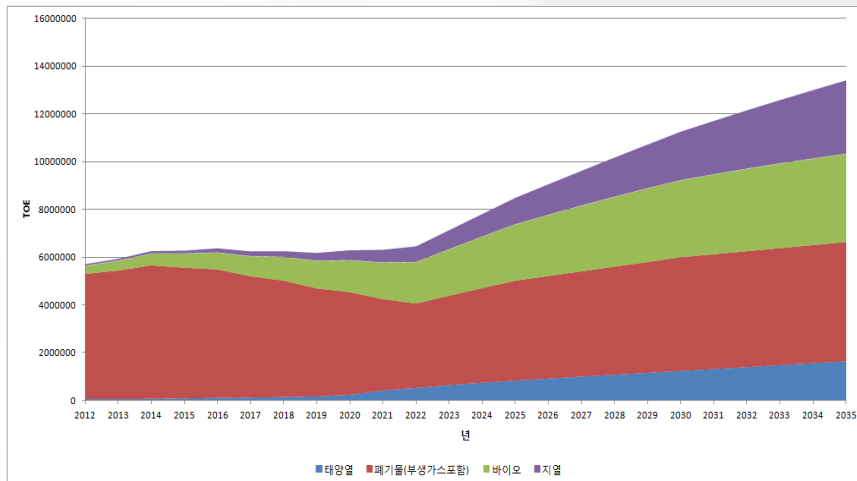
❖ 3단계: 부문별 전망 - 열 부문

- 현 정책안 : 폐기물(75%) > 바이오(13%) > 지열(11%) > 태양열(1%)
- 신 정책안 : 폐기물(75%) > 바이오(13%) > 지열(11%) > 태양열(1%)
- 낙관안 : 폐기물(75%) > 바이오(13%) > 지열(11%) > 태양열(1%)

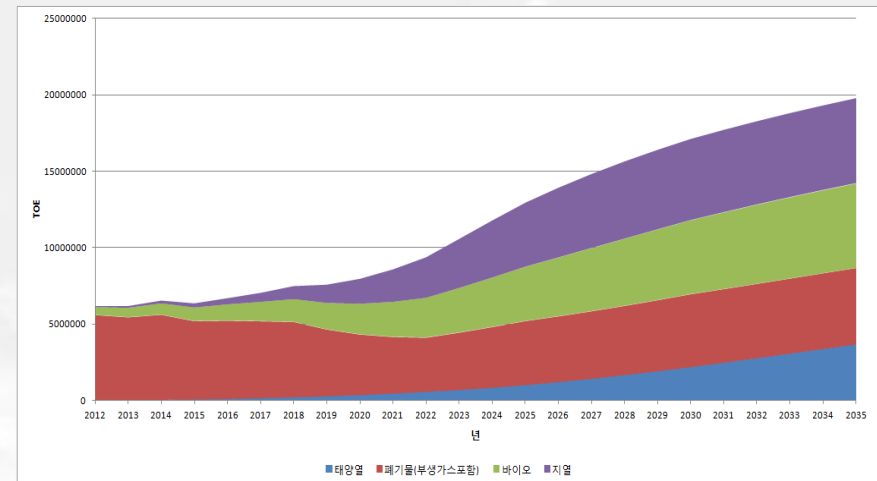
<현 정책안>



<신 정책안>



<낙관안>

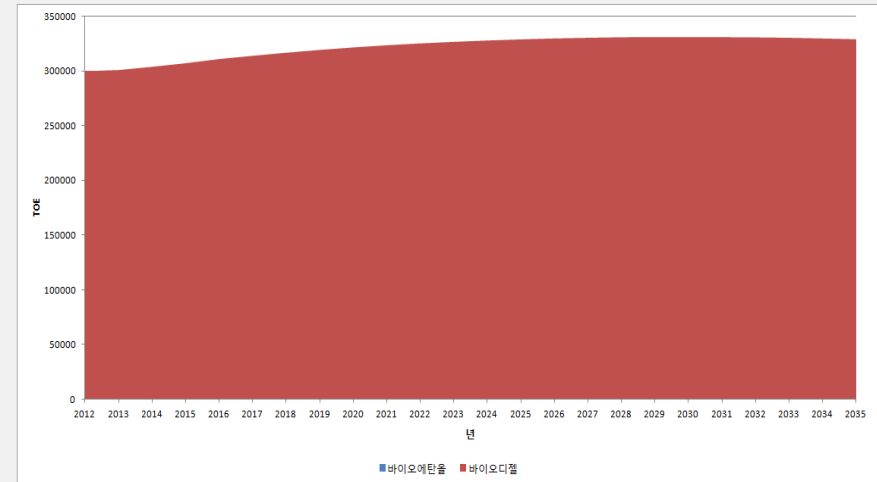


V. 추정결과 및 전망

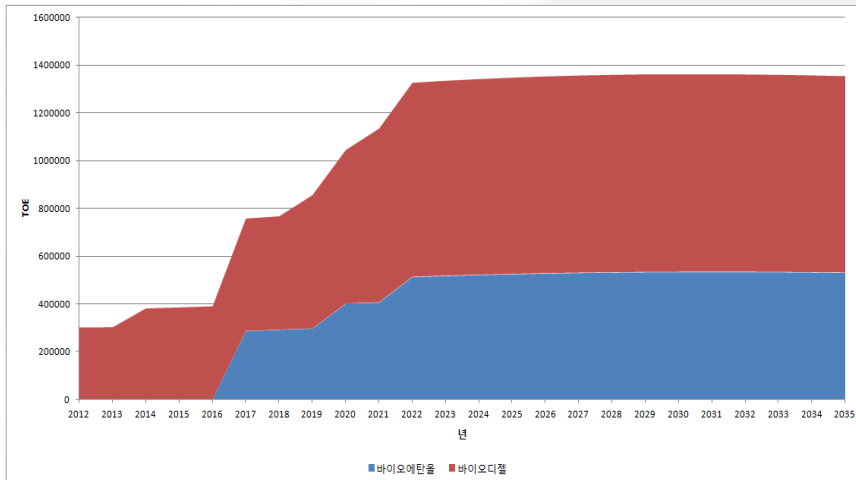
❖ 3단계: 부문별 전망 - 수송 부문

- 현 정책안 : 바이오디젤(100%) > 바이오에탄올(0%)
- 신 정책안 : 바이오디젤(61%) > 바이오에탄올(39%)
- 낙관안 : 바이오디젤(52%) > 바이오에탄올(48%)

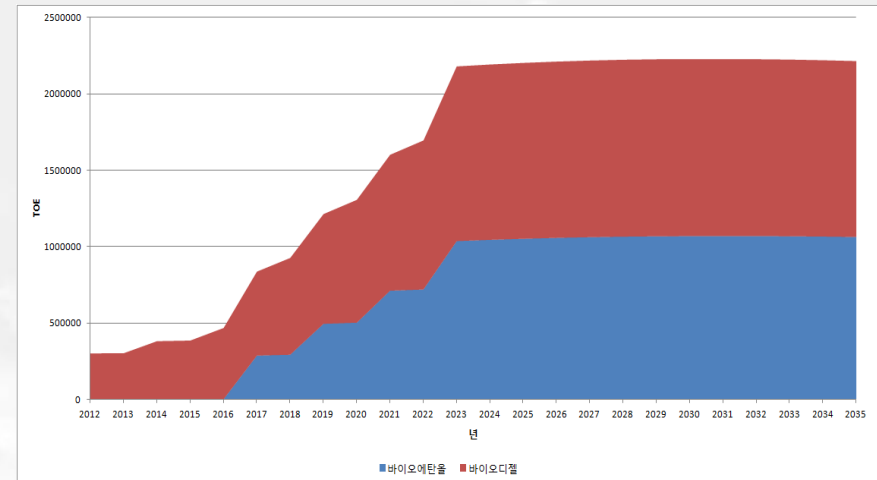
<현 정책안>



<신 정책안>



<낙관안>

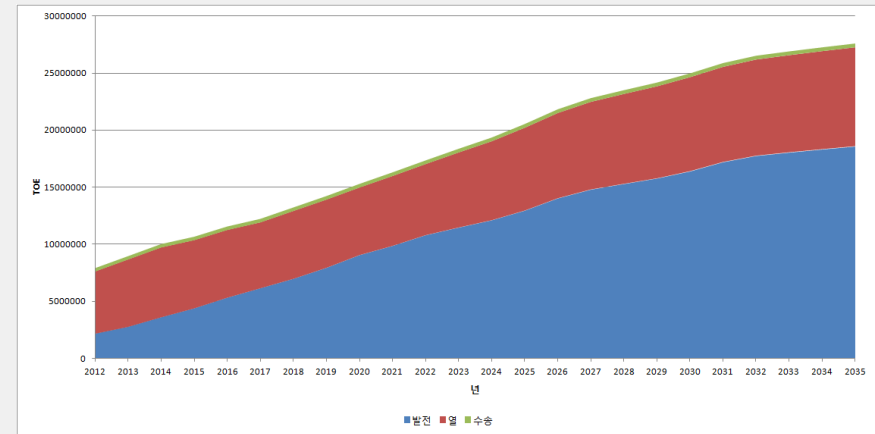


V. 추정결과 및 전망

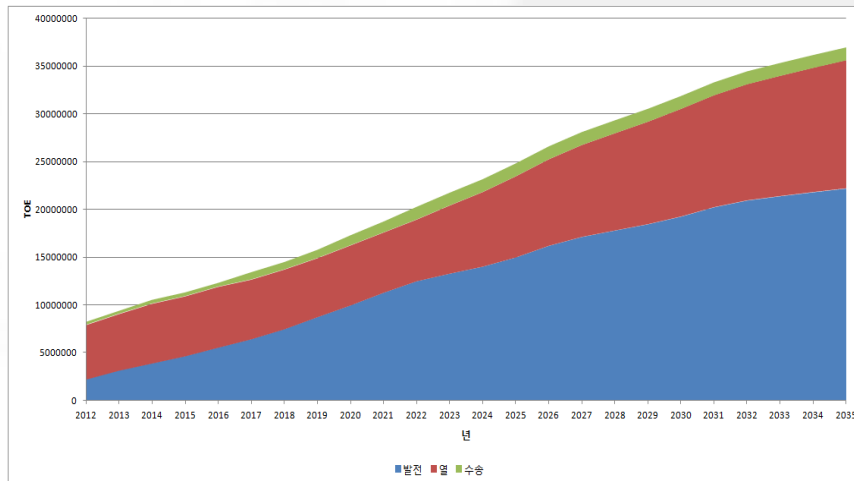
❖ 4단계: 전체 신재생에너지 수요 전망

- 현 정책안 : 발전(67%) > 열(31%) > 수송(1%)
- 신 정책안 : 발전(60%) > 열(36%) > 수송(4%)
- 낙관안 : 발전(61%) > 열(35%) > 수송(4%)

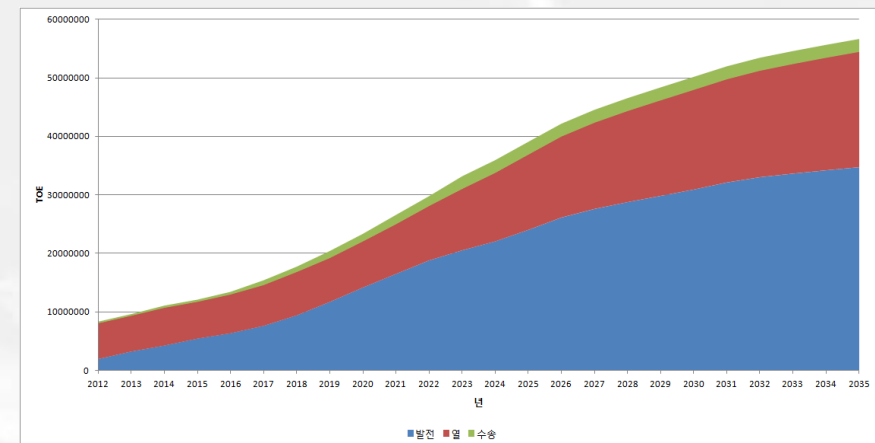
<현 정책안>



<신 정책안>



<낙관안>

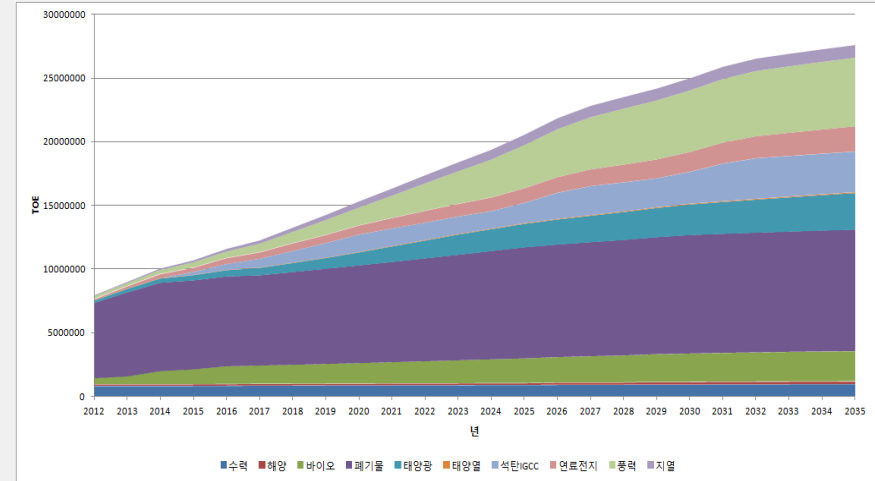


V. 추정결과 및 전망

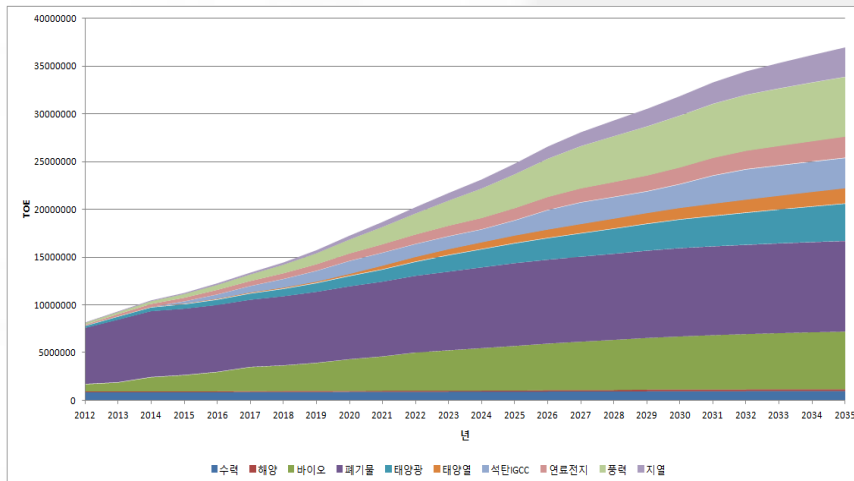
❖ 4단계: 전체 신재생에너지 수요 전망

- **현 정책안** : 폐기물(35%) > 풍력(20%) > 석탄IGCC(11%) > 태양광(10%)
- **신 정책안** : 폐기물(26%) > 풍력(17%) > 바이오(16%) > 태양광(10%)
- **낙관안** : 바이오(19%) > 폐기물(17%) > 풍력(16%) > 태양광(11%)

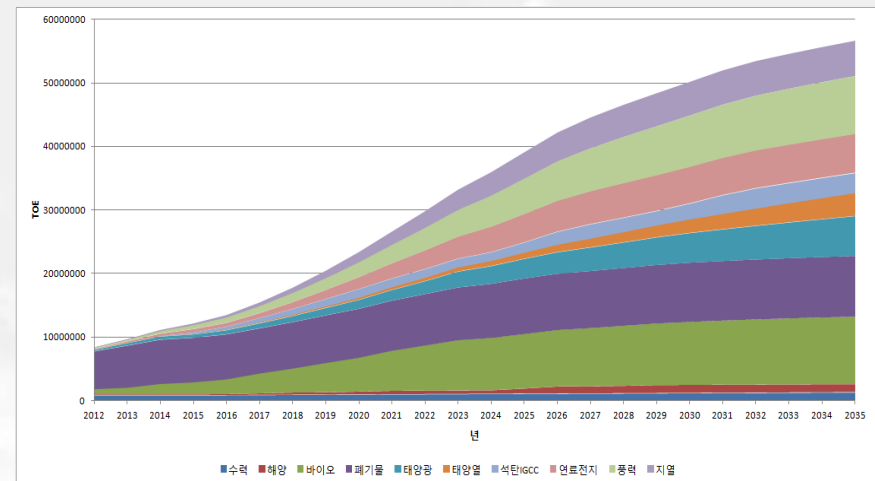
<현 정책안>



<신 정책안>



<낙관안>



V. 추정결과 및 전망

❖ 원별 신재생에너지 잠재량 대비 보급량

- 2010년 기준 약 2%
- 현 정책안 약 27%,
- 신 정책안 약 36%,
- 낙관안 약 55%

		태양열	태양광	풍력	수력	바이오	지열	해양	전체
공급가능 잠재량 (1,000TOE)		20,903	9,365	15,265	20,867	6,171	27,896	2,839	103,306
2010년 침투율 (%)		0.14	1.77	1.15	3.80	12.23	0.12	0.01	1.89
2035년 침투율 (%)	현정책안	0.33	30.77	35.29	4.65	38.93	3.55	7.05	26.69
	신정책안	7.80	41.42	41.02	4.65	97.43	11.02	7.05	35.78
	낙관안	17.55	66.80	59.91	6.21	173.05	19.92	43.85	54.87

V. 추정결과 및 전망

❖ 총 1차 에너지 중 신재생에너지 비중

- 2012~2017년 3차 기본계획과 낙관안 유사
- 2017~2030년 3차 기본계획과 신 정책안 유사
- 단 3차 기본계획에서는 연료전지와 석탄 IGCC를 배제 하였으므로 3차 기본계획을 달성하기 위해서는 신 정책안보다 강한 정책이 요구됨.

연도	3차 신재생 기본계획 목표 비중	신재생에너지 비중 (%)		
		현 정책안	신 정책안	낙관안
2012	3.5%	3.0%	3.1%	3.2%
2013	3.8%	3.4%	3.5%	3.7%
2014	4.1%	3.7%	3.9%	4.2%
2015	4.3%	3.9%	4.2%	4.5%
2016	4.7%	4.2%	4.5%	4.9%
2017	5.0%	4.4%	4.8%	5.6%
2018	5.4%	4.7%	5.1%	6.3%
2019	5.7%	5.0%	5.5%	7.2%
2020	6.1%	5.3%	6.0%	8.1%
2021	6.5%	5.6%	6.5%	9.2%
2022	7.0%	6.0%	7.0%	10.3%
2023	7.5%	6.3%	7.4%	11.4%
2024	8.0%	6.6%	7.9%	12.3%
2025	8.5%	7.0%	8.4%	13.3%
2026	9.0%	7.4%	9.0%	14.3%
2027	9.5%	7.7%	9.5%	15.0%
2028	10.0%	7.9%	9.8%	15.6%
2029	10.5%	8.1%	10.2%	16.2%
2030	11.0%	8.3%	10.6%	16.7%
2031	-	8.6%	11.0%	17.3%
2032	-	8.8%	11.4%	17.7%
2033	-	8.9%	11.6%	18.0%
2034	-	8.9%	11.9%	18.3%
2035	-	9.0%	12.1%	18.6%

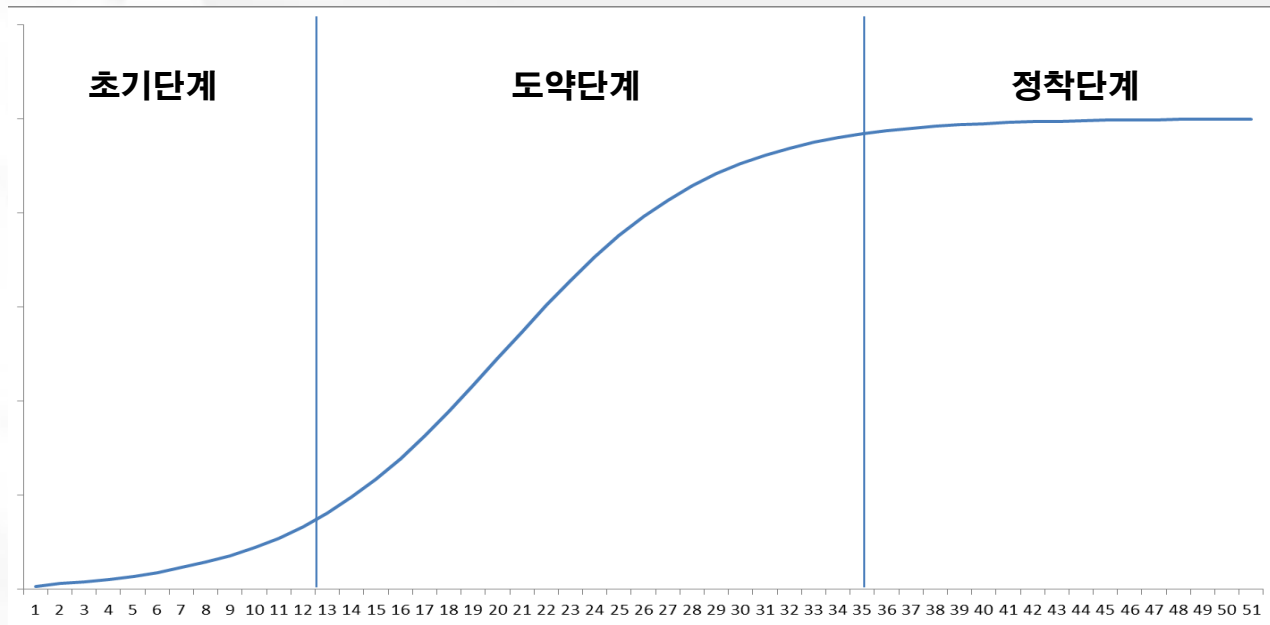
자료 : 총 1차 에너지 전망치는 지식경제부(2008a)에서 인용

VI. 국내 신재생에너지 확산을 위한 정책제언

❖ 보급 단계별로 정책 우선순위가 바뀌어야 할 것

❖ 초기단계

- 기술 확산에 필요한 비용과 기술의 잠재력을 평가 수립
- 실증 단지 구축을 통하여 기술 확산의 타당성과 신뢰도를 산정
- 전력망 연결 혹은 시장 진출의 가능성 확인



VI. 국내 신재생에너지 확산을 위한 정책제언

❖ 도약 단계

- 가능한 한 효과적이며 효율적으로 확산을 유도하기 위하여 적절한 지원책(입찰제도, 세제혜택, 현금 지원, 열 차액 지원제도 등)을 제공
- 비-경제적 장벽(국민인식, 환경, 행정, 정책의 불확실성, 국민수용성 등)들을 지속적으로 방지하고 제거
- 국내 토종 기업 개발 지원

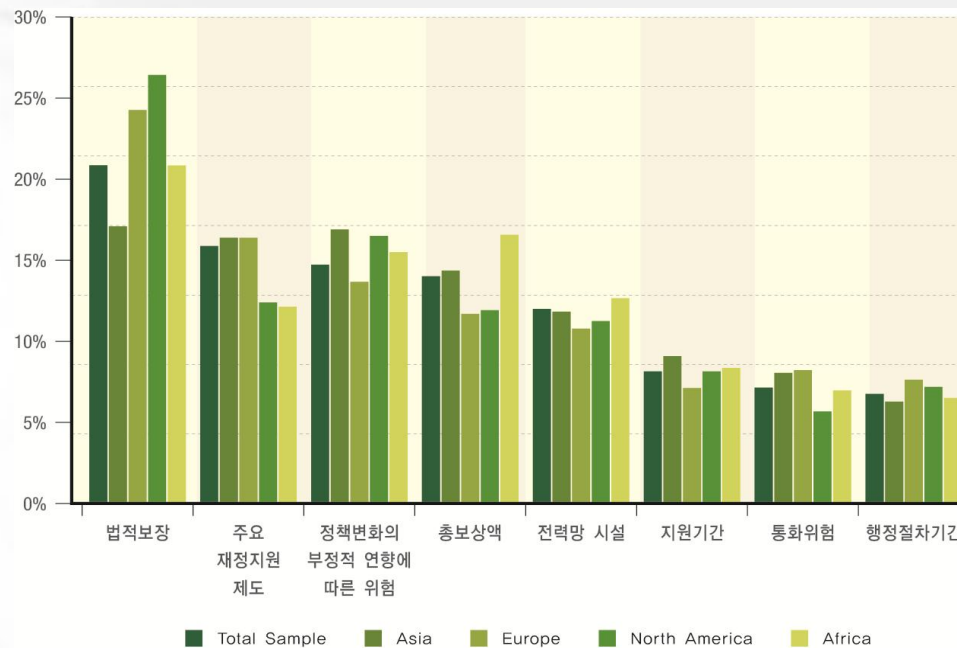
❖ 정착 단계

- 전력망 통합 문제 고려
- 국민적 수용
- 재정 지원이 더 이상 필요하지 않은 에너지 시장으로 통합

VI. 국내 신재생에너지 확산을 위한 정책제언

❖ 신재생에너지 정책의 상대적 중요도

- 컨조인트(Conjoint) 방법 이용
- 법적 보장이 가장 중요하며 주요재정지원제도, 정책변화의 부정적 영향에 따른 위험, 총보상액이 중요한 정책으로 간주



자료: IEE, 2010

VII. 결론

- ❖ 현 정책안으로부터 신 정책안, 낙관안으로 갈수록 특정 원에 의한 공급량이 집중되는 현상을 벗어나서 점차적으로 안정적인 구조를 가지게 됨
 - 현재 비교적 낮은 비중을 차지하고 있는 풍력, 태양광, 바이오, 연료전지 등은 낙관안으로 갈수록 점차 비중이 높아져 주류 에너지원으로 될 것
- ❖ 현 정책안과 신 정책안은 2030년에 각각 약 7.5%, 9.5% 수준의 신재생에너지 비중을 가질 것으로 예상
 - 정부는 목표 달성을 위해 본 연구에서 제시된 신 정책안보다 더욱 공격적이고 적극적인 정책대안을 마련해야 할 것으로 보임.

VII. 결론

❖ 본 연구에서 개발된 신재생에너지 수요예측 모형과 결과는 정부, 산업계 등에서 중장기 계획을 수립하는데 기여할 것으로 기대

- 신재생에너지 수요예측을 통해 시장의 변화에 따른 위험요소를 예측하여 미래의 불확실성을 완화

❖ 연구의 한계

- 예측 모형의 예측력 테스트
- 예측 결과의 신뢰성 확보



Thank You