

# 전력위기로 인한 행동 변화 분석, 지진 이후 일본 가정용 전력 소비 행동

자료제공 / 치하루 무라코시, 쇼 히라야마, 히데요시 나카가미(쥬간코 연구소)

2011년 3월 11일 지진으로 인한 원자력 발전소 사건 이후, 일본에서는 엄격한 전력 공급이 시행되고 있다. 모든 원자력 발전소의 가동을 중지한 2012년 5월 이후, 2개의 원자로만 재가동을 했을 뿐이다. 그러므로 에너지 정책과 전력 보존에 대한 변화가 필요하게 되었다. 이 재난 이후 많은 공공 및 민간 기관과 개별 가정에서 전력 사용 중단, 필수 전력 절약과 자발적인 조명 및 에어컨 가동 중지 등의 조치가 시행되었다.

지진 직후의 전국적으로 가정용 전력 보존 비율(ECR)은 5.1%이었으며, 2011년 여름에는 7.6%이었으나, 2012년 겨울에는 3.3%까지 떨어졌다. 지진의 직접적 영향을 받았던 동경전력회사(TEPCO)에 따르면, ECR은 위에서 언급한 같은 기간 동안에 각각 9.5%, 8.4% 그리고 4.3%이었다. 2012년 여름에 ECR은 상승세를 보였다. 길고 긴 급박했던 전력 공급의 기간 동안, ECR은 계절에 따라 지역에 따라 변화하였다. 우리는 이러한 변화에 대한 원인을 정량적으로 평가한다. 지진의 영향도 분석 및 가정용 전력 보존 및 절감을 위한 후속적인 뾰족한 전력 공급에 대한 분석을 위하여, 우리는 전력 보존 행위(ECA)에 대한 사후 재해 구현을 조사하였다. 이를 위해 우리는 2011년의 TEPCO의 서비스 지역을 선정하였고, 2012년 여름과 겨울의 일본 전역을 조사 범위로 결정하였다. ECA의 인식 및 실행 상태 변화로부터 우리는 재난에 대한 만성적이고 지역적인 효과 및 소비자 행동에 대한 뾰족한 전력 공급을 보여준다. 지진 이래 일본 에너지 정책 변화에 대한 시도는 여전히 진행형이다. 전력 공급 제공에 대한 다양한 논쟁이 있으나, 대체 자원과 더불어 원자력 발전소만으로 재난 이전에 요구되었던 전력 수요의 30%를 충족시키기는 쉽지 않다. 소비자 행동 변화를 장려하는 것은 미래 에너지 정책에 있어서 중요한 역할을 할 수 있다.

장기간의 전력 공급 압박에 대한 소비자의 영향을 평가함은 소비자 행동에 있어서 변화의 분석을 위한 유용한 데이터를 제공한다.

## 도입

2011년 3월 11일 동일본 대지진으로 인한 원자력 발전소 사고 이후, 엄격한 전력 공급 통제가 지속되고 있다. 지진 이후 동경전력회사(TEPCO)와 도호쿠전력회사(Tohoku EPCO)는 제2차 세계대전 이래 처음으로 2주에 걸쳐 담당하는 전력 공급 지역에 대해 수립해 놓은 정전 계획을 시행하였으며, 이는 지진 및 쓰나미의 직접적인 피해를 받은 발전기와 트랜스미션 장비 때문이었다. 또한 원자력 발전소 사고 여파로 인해 원자력 발전소가 정기 점검을 위해 중지되었을 때, 재가동은 불가능하였다. 그리고 2011년 여름부터 더 넓은 지역에 걸쳐 전력 위기가 지속되었다. 2011년 여름의 전력 보존 타겟은 15%로 설정되었으며, 2010년과 비교하여 10%에서 15%의 감소가 TEPCO, 도호쿠 EPCO와 간사이전력회사(KEPCO)의 서비스 지역에서 각각 이루어졌다. 더욱이 TEPCO와 도호쿠 EPCO 서비스 지역의 대형 고객들에게는 500kW 또는 그 이상의 감축이 이루어졌으며, 전력 사용의 제한(경제, 무역 및 산업 총괄 정부, 2011년)이 시행되어 하계 피크 전력에서 15% 감축 요구, 산업 및 상업 지역에서의 강제적 전력 보존 등이 이루어졌다. 전력 사용 제한이 더 이상 시행되지 않은 2011-2012 겨울 동안 KEPCO와 규슈전력회사(Kyushu EPCO)의 서비스 지역에서 전력 보존 목표가 각각 10%와 5%씩 설정되었다. 2012년 여름에는 다양한 전력 보존 목표가 10%, 10%, 7% 그리고 5%로 설정되었으며, 설정 목표 회사는 다음과 같다. KEPCO, 규슈EPCO, 홋카이도전력회사(Hokkaido EPCO) 그리

고 시코쿠전력회사(Shikoku EPCO)이다. 비록 전력 보존이 자발적이었다 하나 많은 공공 시설, 상업 시설 그리고 가정에서 전력 보존 측정이 수행되었다.

일본에는 총 48,960MW 용량의 전기를 생산할 수 있는 54기의 원자로가 있다. 각각의 원자로는 정기 점검을 위해 매 13개월 차마다 가동을 중지한다. 지진 이전에는 37기가 가동 중이었으며, 최대 34,530MW를 생산할 수 있었다. 후쿠시마 원자력 발전소 사건으로 인해, 점검을 위해 정지할 원자로의 재가동이 엄격히 제한되었으며 이는 2012년 5월에 모든 원자력 발전소를 정지하게 만들었다. 이때 이후로 오직 2개의 발전소만이 재가동 되었으며, 그 생산량은 2,360MW이다. 일본 원자로의 재가동에 대한 강점과 약점에 관한 다양한 연구가 있어 왔으나, 현재로서 그 해결책은 여전히 모호한 상태이다. 국제적인 관점에서 소비자에 대한 장기간의 전력 공급 압력에 대한 영향 평가는 소비자 행동 변화 연구에 유용한 자료를 제공한다.

주간교 연구소(2011)는 동일본 대지진 이후의 가정에서의 행동과 에너지 보존 영향에 관한 변화 분석에 관한 보고서들이 현재 존재하며 이중 주간교 연구소(2011)의 자료는 2011년 4월의 상황을 기술하고 있고, 무라코시와 다른 연구진들(2012)과 니시오와 오프지(2012)의 보고서 등이 있으며, 이들은 TEPCO 서비스 지역의 2011년 여름 상황을 기술하고 있다. 이러한 보고서로부터, 에어컨과 조명의 보존에 관한 측정이 전력 소비 전반에 걸친 억제에 효율적이었음을 알 수 있다. 또한 야기타와 다른 공저자들(2012)은 다양한 지역에서의 에너지 절감 행동에 연관된 특정 요소들을 연구하였다. 그러나 일본 전역을 특정하는 연구는 진행되지 않았다. 여기서 기술된 연구는 가정에서의 에너지 보존을 위한 활동, 인지 그리고 일본 전역에서의 전력 소비에 대한 조사이다. 목표는 지진에 따른 영향과 시간 경과 및 계절적 지역적 분석을 통한 소비자 행동에 대한 강도 높은 전력 공급에 대한 분석이다.

## 방법

이 연구를 위해 우리는 인터넷을 통한 설문 조사 자료 및 계량기로부터 제공된 자료 등 2가지 유형의 자료를 사용

하였다. 우리는 일본 전역에서 8,000세대 이상을 선정한 인터넷 설문을 수행하였으며, 이는 대략 일본 전체 가정의 0.02%를 대표하는 수치이다. 우리는 각 가정의 계량기를 근거로 시행된 온라인 설문을 검토하였고 또한 계량기에서 획득될 수 있는 가능성도 검토하였다. 우리는 가정용 전력 보존 활동 및 에너지 보존에 대한 인식에 대한 조건을 분석하였고 아울러 동계 및 하계 에너지 보존 효과도 분석하였다. 설문에 대한 개괄은 표 1에 표시되어 있다.

표 1. 설문에 대한 개괄

설문 방법	인터넷을 통한 설문
조사 기간	동계 설문: 2012년 5월 하계 설문: 2012년 9월
설문 대상	홋카이도, 도호쿠, 동경, 호쿠리쿠, 간사이, 추고쿠, 시코쿠, 규슈 (오키나와는 제외) 전기 장치에 대한 가정 소비자, 남성 또는 여성, 20세 이상이며 이들은 동계 (1월 ~ 2월) 및 하계 (8월 ~ 9월) 기간동안 전력 사용량을 확인할 수 있고 또한 동계 시작 이전에 최소 1년 현 거주지에 있었어야 함.
설문 응답자	동계용 설문: 8,241 (유효한 에너지 표본: 7,339) 하계용 설문: 8,241 (유효한 에너지 표본: 7,727)
설문 항목	세대 유형 (거주자 나이, 성별, 가족 수, 주택 유형 및 주택의 층 수) 전력 소비 (전력 사용, 전기 요금서, 전력 소비 기간 (2011년 및 2012년 1월 부터 2월 까지 혹은 8월 부터 9월 까지), 전력 절감에 대한 인식, 에너지 보존을 위한 행동들.

비록 설문이 일본 전역을 타케팅 하였지만, 오키나와는 배제되었으며 그 이유는, 이 지역은 재난 이전에 원자력 발전소가 없었기 때문이다. 또한 지리적으로 이 지역은 지진으로 인한 피해가 그리 크지 않았다. 그러므로 오키나와는 지진 이전과 같은 수준의 전력 공급을 받는 지역이었다.

우리는 또한 도쿄 전력의 일일 피크 전력 소비와 실외 온도 사이의 관계를 분석하였으며, 이때 사용된 데이터는 과거의 전력 수요(TEPCO 무기한)를 위해 TEPCO가 공개적으로 사용할 수 있도록 한 데이터와 일일 실외 온도 데이터(일본 기상청 무기한)를 위해 도쿄 일본 기상청이

공개적으로 사용할 수 있도록 한 데이터이다. 지역별 전력 소비에 대한 월별 감소율을 측정하기 위해, 우리는 전력 공급 연합회가 제공하는 공개적으로 사용 가능한 데이터를 각각의 전기 설비의 전기 공급 데이터로 사용하였다. 우리는 가정에 공급되는 전력을 가구 수로 나누어 각 가구당 전력 소비를 측정하였다. 지진 이전, 연간 동월(同月)을 비교함으로써, 우리는 감소율을 측정하였다. 또한, 기온에 따른 연간 편차를 제거하기 위해, 우리는 2012년에 발생할 수 있는 영상 및 영하 온도의 동일한 일수를 2011년 이전 데이터로 표준화하였다.

**TEPCO 일일 피크 전력의 변화**

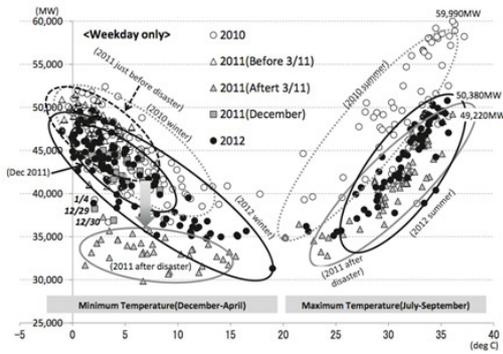


Figure 1. Change in TEPCO daily peak power and temperature.

도표1. TEPCO지역에서의 일일 피크 전력과 온도의 변화

TEPCO의 일일 피크 전력 대 여름의 일일 최대 또는 겨울의 최소 온도 간의 관계가 도표 1에 나타나 있다. 지진 이전의 TEPCO의 일일 피크 전력 수요의 최대 기록은 2007년 8월, 61,470MW이며 이는 2008년 60,890MW, 2010년 7월 59,990MW로 이어진다. 대조적으로 2011년 지진 이후 최대치는 49,220MW이며 2012년 최대는 50,380MW로 2010년 데이터와 비교하여 각각 16%에서 18%로 감소세를 유지하고 있다. 2010년 동경의 여름은 가장 더웠고, 2011년은 두번째로 더웠다. 최고 더운 여름과 피크 전력 수요와의 상관 관계를 이 그림에서 살펴볼 수 있으며, 이러한 경향은 재난 전후에 따라 확연히 달라진다. 2010년 여름과 비교하여, 2011년과 2012년의 재난 후의 여름은 피크 전력 수요가 최고 폭염일에서 확실히 낮아지는 것을 볼 수 있다.

재난 직후, 전력 공급 부족이 있었고 또한 공공 시설 및 각 가정에 전력 보존 캠페인이 수행되었다. 2011년 3월 11일 지진 전후의 주간 피크 전력을 비교하면, 비록 동일한 기상 조건일지라도 재난 후 최대 피크 전력 수요는 확실히 급감한다. 특히, 지진 직전까지 일일 피크 전력 및 일일 최대 온도 간에는 긍정적인 상관 관계를 보였으나, 지진 직후에 이 관계는 깨지고 일일 피크 전력 수요는 온도와의 상관도보다는 오히려 특정 범위 내에서 제한되어 버렸다. 2011년 여름 시즌의 전력 주요 증가 트렌드로 인하여 전력 절감 측정이 시행되었고, 최대 피크 전력에서 감소세가 뚜렷이 보였다. 그러나 2011년 12월에 상황이 바뀌었다. 일일 피크 전력 수요는 지진 전의 동계 수준으로 회귀되었다. 이는 하계 전력 수요보다 동계 전력 수요가 작다는 것과 연관 있을지도 모른다. 아울러 몇몇 사람들은 원자력 발전소의 가동 없이도 여름의 전력 위기를 이겨냈기에 전력 공급에 대해 덜 걱정하는 것과도 관계가 있어 보인다. 이러한 경향은 2012년 겨울 동안 지속되었다. 단지 겨울 동안, 지진 직후에 피크 전력 수요는 그다지 감소하지 않았다. 우리는 지진 이후 거의 1년간 에너지 보존에 대한 인식은 차질을 빚었다고 여긴다. 그러나 2012년 여름, 이러한 보존 인식은 지진 전보다 낮은 피크 전력 수요와 더불어 회복되었으며, 이는 전력 보존 목표 없이도 2011년 수준으로 돌아왔다.

여름과 겨울의 에너지 보존에 대한 인식의 지속성은 상당한 차이를 보였다. 여름에 사람들은 전력 공급 단절에 대해 더 많이 인지하고 있었으며 그래서 에너지 보존에 대한 인식이 높았다. 대조적으로 겨울에는 총 전력 수요가 작았다. 그러나 이는 전력 보존 인식을 감소시키는 것처럼 보인다. 일본의 엄격한 전력 공급은 지속된다. 일련의 전력 단절 위험 요소가 있으며 이는 화석 연료의 불확실성으로 인해 화력 발전소의 가동 증진을 야기하였다.

**가정용 전력 소모의 소비율**

거대 지진 및 쓰나미로 야기된 발전 및 송신 시설의 피해로 인한 단전을 포함한 다양한 직접 경험으로부터, 동경과 도호쿠에서의 전력 보존에 대한 인식은 지진 직후 즉각적으로 증가하였다. (도표 2)

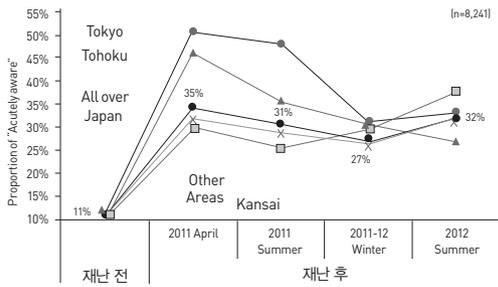


도표 2 재난 전후의 전력 절감에 대한 인식 (%)

지진 이전, 각 가정의 약 10%가 전력 보존에 대해 정확히 이해하고 있다고 보고되었으나, 2011년 4월, 지진 이후 즉각적으로 동경과 도호쿠에서 이 수치는 50%까지 올라갔다. 더욱이 다른 지역 또한 전력 보존에 대한 인식률이 30%까지 향상되었다. 이는 아마도 대중 매체가 지진과 쓰나미, 원자력 사고 등을 수 일에 걸쳐 그때 그때 다뤘기 때문이다. 2011년 여름에 가정용 전력 보존 인식률은 전 일본에 걸쳐 지진 이후부터 다소 감소세를 보였으나 여전히 31% 정도의 인식률을 보인다. 주목할 것은 TEPCO 서비스 지역에서의 인식률을 여전히 높은 추세이며, 이는 50% 정도이다.

에너지 보존 인식률이 올라갈 때, 에너지 소비는 내려갔다. 가정용 전력 공급을 위한 에너지 사용 데이터에 근거하면, 우리는 2010 재무 회계 기준 년도(도표3)와 비교하여 온도를 ECR(전력)에 평준할 수 있도록 추정하였다.

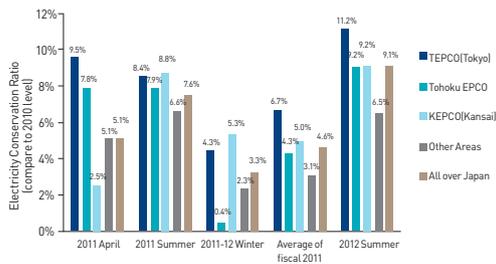


도표 3. 재난 후의 가정의 ECR, 온도에 평준화되었으며 공급 정지의 데이터에서 추정됨.

(전년도 동월과 대비하여) 재난 직후의 2011년 4월의 ETC는 9.5%, 7.8% 그리고 5.1%이었으며, 이 데이터는 각각 TEPCO, 도호쿠 EPCO 그리고 전 일본의 데이터이며, 다른 지역은 평균적으로 5.1%를 유지하고 있었다. 2011년 여름 동안의 ECR은 일본 전역에서 평균적으로 7.6%이었다. TEPCO(8.4%)와 도호쿠 EPCO(7.9%)를 비교해 보면 전력 소비에 있어서 상당 비율의 감소를 보

였으며, 이는 두 지역이 15%의 목표치를 설정했기 때문이다. 이 기간 동안, 대중 매체는 기상 예보 뿐만 아니라 전력 활용 장치(전력 공급, 전력 수요 및 보존 전력에 대한 비율)에 의한 전력 예보를 했기 때문이다. 기차역이나 건물의 1층 로비, 대중 시설의 중앙 홀들의 조명은 어렵게 설정되었고 사람들의 일상 삶에 영향을 주는 전력 절감 방법의 시행 방법 등을 보여주면서 작업장, 상점, 레저용 시설 등에서도 조도가 어렵게 설정되었다. 이러한 행위는 전력 부족에 관한 소비자들의 위기 의식을 고조시켰다. 대조적으로 지진 후 2.5%이었던 KEPCO ECR은 여름 기간 동안 6.3 포인트 상승한 8.8%까지 상승하였다. KEPCO의 서비스 지역은 지진과 쓰나미의 직접적인 영향권은 아니었으나, 2011년 7월 원자력 발전이 절반 수준으로 떨어졌을 때 전력 공급에 관한 관심이 증가하였다. 2011년-2012년 겨울, 전 일본의 ECR 평균은 3.3%이었고 이는 여름부터 가시적인 감소가 있었다. KEPCO의 사례 하나가 있는데 그 서비스 지역 중 하나가 전력 보존의 목표가 있었으며 그 목표는 5.3%의 ECR이었고 여름 기간 동안의 수치보다 조금 더 작은 감소가 있었다. 동시에 TEPCO와 도호쿠 EPCO에서 4월 이후 지속된 엄격한 전력 공급이 완화되었고 그래서 전력 부족에 대한 보고는 덜 이루어졌으며 소비자의 전력 보존 인식 또한 다소 감소하였다. 전력 절감에 대한 자체 목표가 있던 KEPCO를 제외하고, 가정용 전력 절감 인식 또한 하락했으며 전국 27%로 실제 보고된 수치와 비교하면 2011년 여름부터 5 포인트 감소하였다.

재난 후 그해(회계년도 2011년도 평균)의 평균 ECR은 전 일본에서 4.6%이다. 지역별로 ECR은 TEPCO가 6.7%, KEPCO 5.0%, 도호쿠 EPCO가 4.3%였고, 반면 다른 지역의 평균은 3.1%이다. 2011년 여름에 TEPCO와 도호쿠 EPCO 서비스 지역에서 15%의 전력 절약을 할 때 소비자들에게 시상을 한다는 전력 절감 캠페인이 있었다. 하지만, 정부와 대중 매체에 의한 전력 절감 및 홍보에 대한 설정 대상이 아닌 이 기간 이외에는 가정용 소비자를 위한 어떠한 프로그램도 시행되지 않았다. 일본 가정에서 단지 정보를 제공받은 것 만으로도 평균 약 5%의 전력 절감 성과를 달성했다는 것은 참으로 흥미로운 사실이다. 재난 직후 1년 이상 동안 2012년 여름 기간의 ECR은

(2010년도 여름과 비교하여) 전년도 여름보다 제법 꽤 높았으며, 전국 평균 9.1%로 이는 TEPCO는 11.2%, 도호쿠 EPCO와 KEPCO는 9.2%를 달성하였다. 전력 공급에 관한 근심 거리 중 하나는 더 많은 전력 절감 목표액이 설정되었다는 것이다. KEPCO는 10%, 규슈 EPCO는 10%, 홋카이도 EPCO는 7%, 시코쿠는 5%이다. 그러므로 2011년 여름과 마찬가지로 가정용 전력 보존 인식이 2011년 여름과 동일하게 높은 수준을 보였으며 실제 보고된 정확한 인식률은 전국 평균 32%이었다. 특히 KEPCO는 목표치가 설정되었는데 전력 보존 인식에 있어서 12 포인트라는 놀라운 상승세를 기록하였다. TEPCO는 목표치가 설정되지 않았고 그래서 2011년 여름부터 감소세를 보였으나 타 지역 대비하여 여전히 높은 ECR을 보이고 있다.

우리는 2011년-2012년 겨울과 2012년 여름에 전력 보존에 대한 실제 인식에 대해 보고한 가정을 조사하였다. 흥미로운 것은 “우리의 시설 이용료가 싸다”는 (겨울에 80%, 여름에 90%) 것이 “전력 부족이 있었다” (겨울의 73%와 여름의 75%)는 것을 두 기간 동안 능가했다는 것이다. 다르게 표현하자면, 에너지 보존에 관한 인식의 변화가 전력 부족에 따른 보존이라고 응답한 것과 엄격한 전력 공국의 수준에 따른 변화라고 응답한 것에 상응한 반면, 사람들은 시설 이용료의 감소 효과를 정확히 인지하고 있었다. 이것은 야기타와 공저자들(2012)이 발표한 내용중에 있는 것이고, 전력 절감 행동을 유발하는 여러 요소들 가운데에서 가장 중요한 요소는 혜택의 평가라는 것이다.

인터넷 설문에 기초한 2011년-2012년 겨울의 전국 평균 ECR은 6.2%이다.(표2)

표 2 지역별 ECR 조사 결과 (온도, 가구 수와 가족 수로 정규화 함)

	n	Hokkaido	Tohoku	Tokyo	Chubu	Hokuriku	Kansai	Chugoku	Shikoku	Kyushu	Total
2011-12 Winter	7,610	5.0%	5.8%	6.7%	5.1%	5.0%	7.7%	5.8%	5.3%	5.1%	6.2%
2012 Summer	7,891	2.8%	0.1%	3.7%	3.4%	2.2%	5.2%	2.7%	1.6%	1.5%	3.2%

이는 전력 공급 데이터 (도표3)에서 추정된 3.3%보다 3.1 포인트 높다. 2012년 1~2월 동안의 전력 사용량 및 고객의 계량기에 있는 사용량을 인쇄한 전년도 동 기간의 전력 사용량을 포함한 설문 - 이 기간의 설문은 4~5개

월 전에 있었다 - 의 데이터를 참조한 결과이다. 이러한 증거를 갖고 있는 가정이 다른 가정보다 더 체계적이다. 그래서 위에서 언급한 ECR의 불평등이 샘플 속성에 의해 영향을 받을 수 있다. 또한 인터넷 설문으로 본 2012년 여름의 전국 ECR은 3.2%이다 (표2). 그러나 이는 ECR의 기준치가 재난 전이 아니라는 것에 주목할 필요가 있다. 도표 3에서 2012년 여름의 ECR이 그 기준 자료로 2010년의 재난 전 데이터를 사용하고 있는 반면, (재난 후인 2011년 동 기간) 1년 전의 사용량과 비교해서 나타난 결과이다.

### 전력 보존 시행 상태에 대한 조사

2011년-2012년 겨울 설문에서, 우리는 재난 전후의 에너지 보존 활동 (ECA - Energy conservation actions)의 시행과 향후 이러한 활동을 할 의향이 있는지를 물어 보았다. 설문 조사는 펌프 룸 AC, 온수기, 가스 및 등유 히터, 전기 히터, TV, 조명, 냉장고, 온수 비데, 개인용 컴퓨터 및 기타 장비 등 49개의 ECA가 포함되어 있었다. 재난 후 겨울 기간 동의 ECA 중 실내의 AC 전원 관련 내용이 상위 3위에 랭크되었다. 비록 4번째와 5번째 활동으로 가스 또는 등유를 사용하는 팬 히터 사용의 감소와 온수 사용량의 감소가 전력 사용을 위한 일반적인 활동이 아니라 할지라도, 이들은 꽤 높은 비율로 이런 활동을 시행하였다. 설문의 자유 응답 항목에서 가스, 등유 그리고 물 사용 감소를 위한 다양한 활동들이 언급되었고 이는 높아진 전력 보존 인식이 다른 에너지원 및 수 자원 사용에 또한 영향을 미친 것으로 보인다. 조사팀이 겨울 기간에 걸쳐 ECA 시행에 대한 비율을 비교할 때, 2011년-2012년 겨울, 재난 직후부터 이러한 시행이 전반적으로 감소되는 경향이 있었다. 특히, 재난 직후에 5.9%에서 6.7%사이의 가정이 조명에 관한 활동을 수행하였다. 그러나 연이은 겨울에는 5%이하로 감소하였다. 2011년-2012년 겨울에 ECA를 수행한 가구가 그 다음해에도 지속하려는 비율은 높았다. 만일 사람들이 그들이 말한 대로 시행한다면 우리는 2012년-2013년 겨울에도 유사한 비율의 시행률을 예측할 수 있을 것이다.(도표4)

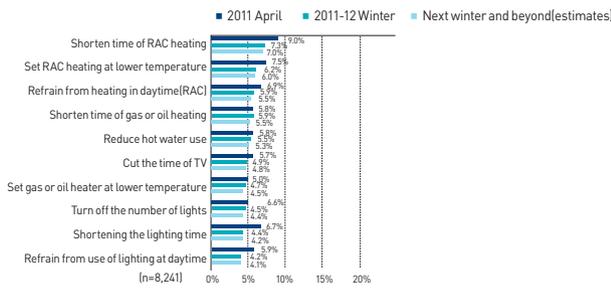


도표 4. 재난 직후의 ECA 시행률 (겨울 설문). 최상위 10개의 활동이 보여지고 있으며, 재난 전에 가정에서 시행한 활동들은 이 비율에서 제외됨.

여름 기간의 설문은 열 펌프 AC, 온수, TV, 조명, 냉장고, 온수 비데, 개인용 컴퓨터 그리고 다른 장치 등 40개의 ECA를 포함하고 있다. 재난 후 여름의 ECA에서, 열 펌프 AC와 연관있는 활동들이 1위와 2위에 랭크되었고, 겨울 기간 동안에 보여준 유사한 경향들이 여름 설문에서도 발견되었으며, 이는 무라코시와 다른 공저자들(2012년)의 2011년 여름의 연구에서 발견되었다. 겨울 기간의 설문에서도 알 수 있듯이, (10% 이상의) 상당 비율의 온수 사용이 감소되었다. 2012년 여름에 시행된 ECA 비율이 겨울 기간과 비교될 때, 여름 기간의 비율이 일반적으로 높았으며 2011년 여름의 시행률과 비교할 때 우리는 AC 세트 온도를 높이려는 행위를 제외한 모든 활동에서 높은 시행률을 확인하였다. 이는 각 가정의 우월적인 2012년 여름의 높은 전력 보존 인식률로 설명할 수 있을 것이며 그 이유는 위에서 언급한 대로, 전년도 여름과 겨울 두 기간과 연관 지어보면 전력 공급 및 수요에 있어서 과잉에 대한 여분이 없었다. 2012년 여름에 전력 절감 활동을 시행한 가정이 그 다음 여름에도 이러한 활동을 하려는 경향 또한 높았다. 설문 결과는 향후 ECA를 수행할 강한 경향을 전반적으로 나타내고 있으나 실제 활동들은 그 기간 동안의 전력의 수요와 공급에 따라 달라질 것이다.(도표5)

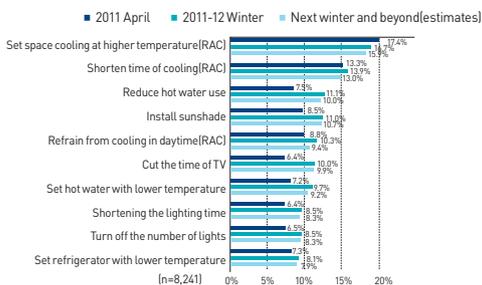


도표 5. 재난 직후의 ECA 시행률 (여름 설문). 최상위 10개의 활동이 보여지고 있으며, 재난 전에 가정에서 시행한 활동들은 이 비율에서 제외됨.

겨울과 여름 두 기간에, 최상위 10개의 ECA는 실내에서

에어컨의 온도를 낮은 상태 혹은 높은 상태를 설정하거나 조명을 켜는 시간을 단축하는 등의 전력 절감을 위한 정부와 전력 공급 회사에서 홍보한 효과적인 방안들을 포함하고 있었다. 그러나 이러한 방법들은 재난 전부터 일반적으로 알려진 것들이어서 정부와 전력 공급자들이 이러한 행동들을 효과적으로 유도해 내었는지에 대해서는 여전히 의문점이 남는다.

2011년-2012년 겨울에 전자 기구들의 사용률이 도표 6에 있으며 이는 전체 표본과 다양한 ECR을 시행한 가정의 그룹별로 설명하고 있다.

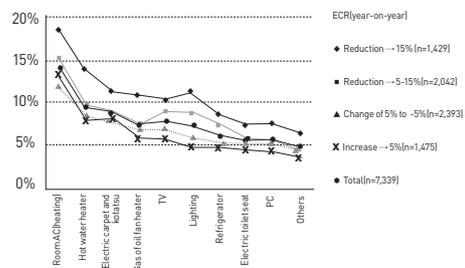


도표 6. 2011년-2012년 겨울의 전자 기구별 가구 ECR별 ECA 시행률 (겨울 설문). 재난 전부터 이러한 활동을 한 가구는 제외되었으며, Year-on-year는 전년도 동 기간의 ECR을 의미한다.

전체 표본으로 실내 에어컨은 14%로 최상위였으며 이어서 10%의 온수 장치가, 열 카펫트와 코타쥬(온열 발판이 있는 무릎 높이의 테이블, 겨울에 사용)가 9%를 차지하였다. 또한 가정에서 실제로 더 많은 전기 기구들이 전기를 절약할수록, ECA의 시행률은 더 높았다. 특히 전년도 동기간과 비교하여 전력 사용에서 15%이상을 감소한 가구 집단은 모든 전기 기구 사용에서 높은 시행률을 보였다. 그러나 전력 사용에서 5%이상의 증가율을 보인 가구의 10% 이상이 실내 에어컨 가동을 했다 하더라도 여전히 그들의 최상위 선택이었다. 가장 빈번하게 시행된 활동들은 동일한 경향을 보였으며 이러한 것은 얼마나 많은 전력이 가구에서 보존된 것과 상관없었다. 이러한 활동들 중에서 조명에 관한 특히 15%이상의 ECR을 각 가구에서 시행하였다. 그리고 가스 또는 기름 팬 히터의 시행률이 최상위 ECR 집단에서 높았다. 그러나 이것은 전력 감소를 유도한 주요 요인으로는 보이지 않으며, 이는 팬 히터의 전력 소모가 낮기 때문이다.

2012년 여름의 전기 기구의 시행률은 도표 7에 나타나 있으며, 이는 전체 표본과 다양한 ECR 유형의 가구별로 표시된다.

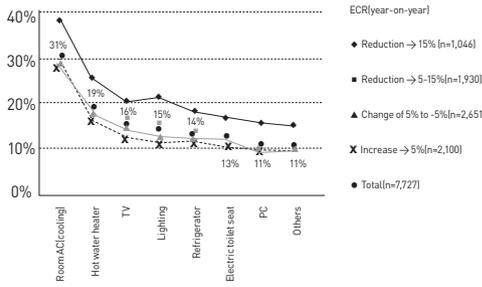


도표 7. 전기 장치와 가구 ECR에 따른 2012년 여름의 ECA 시행을, 재난 전부터 이러한 활동을 시행한 가구는 제외되었으며, Year-on-year는 전년도인 재난 후인 2011년 여름의 동 기간 동안의 ECR을 의미한다.

겨울에 시행된 최상위 활동은 단지 실내 에어컨 (이는 냉방을 위한 것)이며 31%를 기록하였고, 이어서 온수가 19%, TV가 16%, 조명이 15%를 기록하였다. 위에서 언급한대로, 전반적인 에너지 보존 활동은 겨울보다는 여름에 더 높았다. 겨울의 (15% 이상을 감소한) 최상위 ECR 가구 집단은 모든 전기 기구에서 높은 시행률을 보였고, 특히 조명 분야에서 이다. 그러나 (5%~15%의 시행을 보인) 다른 가구 집단과의 차이점은 겨울보다 작다는 것이다. 재난 후, 각 가정의 44%가 에너지 효율 전구를 바꿨다.

표 3. 재난 후 전구를 교체한 가정의 비율 (여름 설문)

(n = 8,241)

	Replaced all lamps	Replaced half of lamps	Replaced part of lamps	Total
Replaced incandescent to LED	4.1%	5.3%	22.7%	32.1%
Replaced incandescent CFL	2.8%	3.9%	14.5%	21.2%
Replaced CFL to LED	3.0%	3.2%	12.4%	18.7%
Replaced any lamps				44.0%

가장 빈번한 활동은 백열등을 LED로 교체한 것이며 전체 가구 수의 32%가 이를 시행하였다. TEPCO 서비스 지역에서의 각 세대별 초기 설문에서 (주간교 연구소, 2011), 재난 직후 10%가 에너지 효율 전구로 교체하였다. 동일 지역에 대한 여름 설문에서는 47%의 가구가 에너지 효율 전구로 교체하였으며 이는 약 1.5년에 걸쳐 35 포인트 이상의 증가를 보여준다. LED 전구로 교체한 주요 요인들 중 하나는 지난 1~2년에 걸쳐 LED 전구의 가격 감소가 이뤄진 것이고, 이는 에너지 효율을 위한 모든 투자들 중, 상대적으로 낮은 단가와 현재 설치되어 있는 설비에 끼우기만 하면 되는 쉬운 작업들이 원인이다.

재난 후, 전체 가구의 29%가 새로운 팬을 구매하거나 오래된 모델을 교체하였고, 이 가구들 중 60%가 에너지 절

감을 위해 그랬다고 응답하였다. (표4)

표 4. 재난 후 새로운 전기 기구를 구매하거나 교체한 가구의 비율과 주된 이유 (여름 설문)

(n = 8,241)

	Fan	TV	Room AC	Refrigerator	Oil heaters	Electric toilet seat	Gas heaters
Energy conservation	17.4%	4.4%	5.6%	5.4%	3.0%	1.1%	0.6%
Other reasons	11.5%	10.5%	6.2%	5.3%	4.1%	2.9%	0.9%
Total	28.8%	15.0%	11.8%	10.7%	7.1%	4.0%	1.5%
	7,891	2,881	1,011	3,771	3,441	1,551	3,211

또한, 여름 설문에서 에너지 절감을 위해 팬을 구매한 가구들 중 38%만이 재난 전에 냉방을 위해 단지 에어컨만을 사용했다고 응답하였고 이는 2012년 여름까지 30포인트 감소한 8%이었다. 우리는 여러 가구들에게 냉방을 위해 에어컨 외에 선풍기 같은 대안이 있다는 것은 이번 재난으로부터 교훈을 얻었다는 것을 알 수 있다.

### 에너지 보존 활동에 대한 가족 유형 및 시행 상태

다른 유형의 가족 형태에 따른 ECR을 살펴보면, 단일 가족은 상당히 높은 ECR을 보이고 그 다음이 부부, 자녀가 있는 부모 형태 그리고 3세대로 이루어진 가족과 그 이외의 형태이다. 보다 더 높은 ECR을 지닌, 보다 작은 규모의 세대에서 이러한 경향을 보여준다. 또한 동일 가족 구성원 유형 내에서, 60세 이상의 연장자가 있는 세대가 20에서 50대 연령대의 가족 구성원보다 보다 높은 ECR을 보여주고 있다. 겨울 설문 조사에서, 홀부모 연장자와 3세대로 이루어진 세대가 가장 높은 수의 전력 보존 형태를 보여줬고 반면 젊거나 장년층의 세대에서 가장 적은 수를 보여줬다. (도표8)

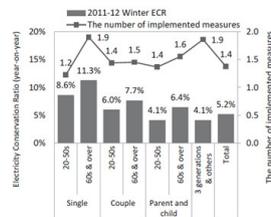


도표 8. 가족 유형에 따른 ECR 및 시행된 ECA의 평균 숫자 (겨울 설문). 온도는 평균화 되었음. 외가족, 커플, 자녀 있는 부모가 세대주의 연령에 따라 나뉘어졌다.

보다 높은 ECR을 보이는 세대주가 있는 보다 작은 규모의 세대의 경향은 여름에도 나타난다. (도표9)

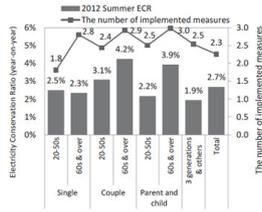


도표 9. 가족 유형에 따른 ECR 및 시행된 ECA의 평균 숫자 (여름 설문). 온도는 평균화 되었음. 외가족, 커플, 자녀 있는 부모가 세대주의 연령에 따라 나뉘어졌다.

그러나 여름에는 외가족은 커플보다 낮은 ECR을 보여줬고, 우리는 외가족 세대의 나이에 따른 차이점을 발견할 수 없었다.(도표9) 커플보다 낮은 ECR을 가진 외가족의 경향은 2011년 여름에 발표된 감소율에 관한 이전 연구에서도 확인된다.(무라코시와 공저자, 2012년, 니시오와 오후지, 2012년) 여름 설문에서 측정된 방법의 종류는 자녀를 가진 노령 부모에서 더 높았으며, 그 다음으로는 노령 커플, 노령 외가족 순이고, 반면 겨울 설문에서와 같이 젊거나 장년의 외가족 세대에서 가장 낮은 측정치를 보여줬다.

세대 규모에 따른 ECR의 차이점을 유발하는 두 가지의 가능성 있는 요인들이 있다. 첫째로는 다수 구성원의 가족이 ECR을 시행함에 있어 더 큰 장애물을 가질 수 있다는 것이다. 예를 들어, 에어컨 사용 시간을 단축하기 위해서, 둘 이상의 구성원이 있는 세대에서는 모든 구성원이 동의를 하거나 세대 수준에서 에너지 보존 활동이 있지 않다는 것이다. 더욱이 가족 구성원이 많을수록 합의에 도달하기는 훨씬 더 어렵다는 것이다. 둘째로는 전체 에너지 사용에 있어서 개별 전기 기구들의 공유가 다르다는 것이다. 더 작은 세대에서, 한 개의 에어컨 또는 냉장고의 소비는 전체적으로 볼 때는 큰 부분을 차지한다. 그러나 세대의 규모가 증가함에 따라 가정용 전기 기구의 숫자와 그 형태 또한 증가한다. 반면 ECA를 기대할 수 있는 전기 기구들의 비율은 감소할 수 있다. 동일한 숫자의 ECA가 실행된다 하더라도 ECR은 작은 세대에서 보다 더 높아질 것이다. 이러한 현상은 도표 8과 도표 9에서 확인할 수 있으며, 커플과 자녀가 있는 부모 가정은 에너지 보존에 있어서 비슷한 숫자의 활동을 보였으나 커플이 보다 높은 ECR을 시행하였다.

노령 세대가 더 높은 ECR을 시행하게 한 가능성 있는 요인은 그것이 동일한 가족 유형 내에서 라고 할 지라도 수

행된 에너지 보존 활동의 숫자와 에너지 보존을 위한 여지가 있는 수준에서 차이를 나타낸다. 가족 유형이 어떠한지라도 노령 세대가 더 많은 활동을 하였으며, 이러한 경향은 여름에 더욱 두드러진다.(도표9) 설문에 대한 응답에서 에너지 효율 전기 장치 및 전등을 구매한 세대의 비율은 젊은 세대에서도 노령 세대주에서 높게 나타난다. 또한 일반적으로 노령자 단독 세대 및 노령 커플의 높은 비율이 주중에는 집에 있으며, 그들이 집에 있을 때 온/난방 장치 및 조명을 사용한다. 대조적으로 젊은 세대는 주간엔 덜 집에 있으며 또한 전반적으로 에너지도 덜 소비한다. 그래서 에너지 보존에 의한 소비 감소의 여지가 덜한 것이다. 이러한 이유로 노령 세대가 젊거나 장년 세대주의 가정보다 더 높은 ECR을 갖고 있는 것이다.

## 결론

이번 연구의 목적은 동일본 대지진 이후의 에너지 보존 효과 및 에너지 보존에 대한 세대별 인식 그리고 에너지 보존 활동에 대한 조건들에 대하여 이해하는 것이었다. 이를 위해 우리는 공개적으로 전력 활용 회사에 대한 데이터와 가정 세대에 대하여 전국 규모의 인터넷 설문을 통한 데이터를 분석하고 실제 존재하는 조건들을 명확하게 하였다.

지진 발생 전년도인 2010년에 기록된 TEPCO의 시스템 전반의 피크 전력과 비교하여, 2011년의 피크 시는 18% 작았으며, 2012년도 피크 때에는 16% 더 작았다. 계절별 일일 피크 전력과 비교하면, 여름철의 피크는 확실히 재난 이래 감소세를 유지하였다. 그러나 재난 직후를 제외하고 겨울철의 일일 피크 전력은 그다지 큰 폭으로 감소하지는 않았다. 계절별 차이는 여름철의 엄격한 전력 공급에 따라 소비자들의 에너지 보존에 대한 인식이 높았기 때문이다. 왜냐하면 TEPCO의 최대 피크 전력 소비는 여름철에만 발생하였고, 전반적인 전력 수요가 겨울철에는 감소함에 따라 에너지 보존 인식이 감소하였기 때문이다. (재난 전의 당해 동일 기간과 비교하여) 전국 거주지의 ECR은 재난 직후에 5.1%이었으며 2011년 여름에는 7.6%, 2011년-2012년 겨울에는 3.3%, 2012년 여름에는 9.1%이었다. 재난 이후의 그 해의 전력 소비는 4.6% 감소하였다. 지역별로는 TEPCO와 도호쿠 EPCO 서비스 지역은 - 이 지역은 지진과 쓰나미의 직접적인 피해를 입

었다 - 높은 ECR을 보였다. 2011년 여름에 TEPCO와 도호쿠 EPCO 이외에 전력 절감 목표를 설정한 KEPCO는 에너지 보존 비율이 높았다. 2011년-2012년 겨울에는 엄격한 전력 공급이 전국의 ECR을 감소하는데 기여하였으나, 2012년 여름에, KEPCO의 서비스 지역에서 전력 공급이 엄격해 졌으며, 이는 원자력 발전소가 가동을 중지하고 전국적으로 에너지 보존에 대한 인식이 ECR과 더불어 다시 상승하였기 때문이다.

가정용 ECA 시행을 위해 종종 선택되는 가정용 전력 기구는 겨울에는 온방, 여름에는 냉방용으로 사용되는 실내용 에어컨이다. 두 번째로 자주 사용되는 장치는 온수기이다. 겨울에 세 번째와 네 번째로 사용되는 것은 온열 카펫 또는 코타추와 가스 또는 등유 사용 팬 히터이다. ECA 시행의 전반적인 비율은 겨울보다 여름에 더 높았다. 시행률에 있어서 이러한 계절별 차이는 설문과 전력 사용 장치의 데이터에서 추정되는 ECR 결과에서 볼 수 있는 에너지 보존 인식에 있어서의 계절별 차이와 일치한다. 또한 우리는 에너지 보존 활동을 지속하려는 소비자의 강한 경향을 알 수 있었다. 만일 소비자가 설문 결과에 응답한대로 한다면 가정에서의 에너지 소비 감소는 2013년과 그 이후에도 지속될 것이라는 것을 예측할 수 있을 것이다. 그러나 에너지 보존 활동이 에너지 보존에 대한 인식에 의해서 추동된다는 것을 고려할 때, 에너지 공급 부족이 해결되고 소비자 인식이 약해질 때 우리는 에너지 보존 활동이 재난 전 수준으로 회귀될 가능성을 부인할 수 없다.

재난 이후에 에너지 효율 장비로 자주 구매되는 제품은 LED 전구이고 32%의 세대가 이를 구매하였으며 이어서 29%가 팬이다. LED 구매를 촉진한 요인들은 제품 가격의 하락과 쉬운 장착율이다. 팬을 구매한 응답자의 60%가 에너지 절감에 기여하기 위해 구매를 결정했다고 응답했다. 다른 말로 하자면, 팬은 에어컨의 대체품으로 사용되고 있으며 이는 다른 수단의 냉방 제품이다.

우리는 세대 유형별로 ECR을 분석하였고 더 작은 세대 단위 즉 싱글과 커플에서 더 높은 ECR을 보였다는 것을 발견하였다. 또한 동일 세대 유형에서 60세 이상의 고령자가 있는 노령 세대에서 더 높은 ECR을 보인다는 것도 알 수 있었다. 세대 규모에 따른 ECR의 차이는 가족 구성원이 많을수록 에너지 보존 활동을 방해하는 제한 요소

들이 증가하는 경향이 있다. 또한 단일 기계 장치에 의해 유지되는 가정용 에너지 사용의 여러가지의 분담에 기인하는 경우도 있다. 노령 세대가 더 높은 ECR을 유지하도록 하는 요소들은 시행되는 에너지 보존 활동의 수와 에너지 보존의 여지가 더 많다는 것이다.

동일본 대지진 이후의 엄격한 전력 공급 및 수요는 2012년 여름 동안 제거되었고 이는 각 섹터별, 산업별, 사업별 그리고 세대별로 전력 보존을 위한 노력에 기인한다. 그러나 이러한 활동이 지속될지 아니면 일시적이거나 중지될지는 알 수가 없다. 그래서 전력 부족의 위험은 여전히 해결되지 않고 있다. 일본에서 원자력 발전이 지속될 지 폐기될 지에 대한 조사는 진행형이다. 그 방향성은 알 수가 없다. 안정적인 에너지 공급원을 잃음으로써 전반적으로 일본의 에너지 정책이 재검토되어야 할 필요가 있다. 2012년 겨울 총선거의 결과에 따라 이러한 조사 및 논의가 지속될 것이다. 일본에서 가정용 전력 사용 기구는 이미 상당히 에너지 효율적이다. 그러나 반면 주택 단열 성능 개선의 여지는 있다. 더욱이 시장에서의 이러한 피드백 프로그램이 전혀 확산되지 않고 있다. 에너지 보존이 이러한 배경 속에서 진행된다는 것은 재난 삼중고라는 엄청난 충격과 엄격한 전력 공급이 지속된다는 것에 기인한다. 이러한 트렌드가 얼마나 지속될 것이고 또 어떻게 변화할 것인가는 향후 신중하게 조사될 필요가 있다. 그러나 이러한 행동 변화가 사회에 침투하기 위해서, 피드백 프로그램의 시행 및 스마트 가전의 확산 등과 같은 사회적 시스템이 필요하다. 재난의 여파로 인해 야기되는 환경의 변화를 사용하는 것, 그러한 개발을 위해 사회적 환경을 부양하는 정책을 제공하는 것이 필요할 것이다.

## 참고 문헌

Japan Meteorological Agency. n.d. <http://www.jma.go.jp/jma/en/menu.html> [accessed December 2012].

Jyukankyo Research Institute (2011). "Study on Electricity Saving and Behavior Change after 2011 Tohoku earthquake." April 25, 2011. <http://www.jyuri.co.jp/news/2011/0425220000.php>.

Ministry of Economy, Trade and Industry (2011). <http://www.meti.go.jp/english/earthquake/electricity/restriction.html>.

Murakoshi, Chiharu, Hidetoshi Nakagami, and Sho Hirayama (2012). Electricity Crisis and Behavior Change in the Residential Sector: Tokyo Before and After the Great East Japan Earthquake. Washington, D.C.: American Council for an Energy-Efficient Economy.

Nishio, Ken-ichiro, and Kenta Ofuji (2012). "Differences in electricity conservation rates by households and effects of conservation measures." Transactions of AIJ. Journal of environmental engineering (Architectural Institute of Japan): 753-759.

TEPCO. Download past electricity demand data. undated. <http://www.tepco.co.jp/en/forecast/html/download-e.html> [accessed December 2012].

The Federation of Electric Power Companies of Japan. Electricity Statistics Information Database System. n.d. <http://www5.fepc.or.jp/tokei-eng/> [accessed November 30, 2012].

Yagita, Yoshie, Yumiko Iwafune, Miyuki Ogiwara, and Goshi Fujimoto (2012). "Household Electricity Saving Behavior after the Great East Japan Earthquake." Journal of Japan Society of Energy and resources 33(4),: 7-16.

