

목질계 바이오매스에너지의 지역별 잠재적 파급효과 추정

배 정환¹⁾

Regional Economic Impact of Potential Utilization of Ligneous Biomass

Jeong-Hwan Bae

Key words : Ligneous Biomass(목질계 바이오매스), Combined Heat and Power(열병합발전), Regional Input-Output Analysis(지역투입산출분석), 전방 및 후방연쇄효과(Forward and Backward Linkage Effect), Value-added Effect(부가가치 파급효과), Employment Effect(고용효과)

Abstract : 목질계 바이오매스는 여타 신재생에너지원에 비해 국내 잠재량이 가장 풍부한 에너지원 가운데 하나이다. 그러나 주요 공급원인 간벌목 부산물의 10%, 폐목재의 1/3 정도만 활용되고 있다. 따라서 향후 관련법제도 개선 및 지원을 통해 바이오매스의 에너지 활용도를 높일 필요가 있다. 목질계 바이오매스를 이용하여 에너지를 생산할 경우 잠재적 기여도는 2005년 신재생에너지 공급량의 29.4%에 달하며, 신재생에너지의 일차에너지 소비대비 2.13%에서 2.76%로 증가시킬 수 있는 잠재력을 갖고 있다. 본 연구는 전국 16개 시도별로 잠재되어 있는 목질계 바이오매스 생산 가능량을 추정하고, 이를 바이오열병합발전소의 주연료로 이용할 경우 지역별 경제적 파급효과를 분석해 보았다. 그 결과 경기, 서울, 전남, 경북, 강원, 충남 등에서 파급효과가 크게 나타났다. 지역별 파급효과를 합할 경우 부가가치 파급효과가 15,736억원, 고용효과가 2,630명으로 나타났다.

1. 서론

목질계 바이오매스는 광합성 작용을 통해 생산되는 식물군을 의미한다. 핀란드, 스웨덴, 노르웨이, 미국 등 선진국에서는 목재를 우드칩, 우드펠렛, 우드브리켓 등으로 가공하여 열병합발전소나 보일러 공장용 연료로 이용하고 있다. 가공된 바이오매스는 연소, 열분해, 가스화 등을 통해 열이나 전기, 스팀, 혼합가스 등을 생산할 수 있고, 효소를 이용한 발효를 통해 에탄올 생산도 가능하다. 주요 생산원으로는 주벌이나 간벌과정에서 발생하는 임목 부산물인 소경제, 도로건설이나 골프장 건설, 도시개발 과정에서 발생하는 임목 폐기물, 산불이나 수해, 병해충 등으로 인해 발생하는 폐임목, 가공처리하여 사용 후 폐기된 폐목재 등이 있다. 최근에는 휴경지나 미사용토지를 대상으로 속성수를 재배하여 부족한 바이오매스를 조달하기도 한다.

선진국의 목질계 바이오매스가 총일차에너지 소비에서 차지하는 비중을 보면, 핀란드가 20.5%, 스웨덴 15.5%, 오스트리아 10.7% 등으로 선도국의 경우 주요 에너지원으로 부상하고 있다(EU, 2005). 반면에 우리나라는 성형탄(우드브리켓) 이용이 36천toe, 숲, 장작 등 재래식 연료용이 106천 toe로 전체 일차에너지 수요의 0.06%에 그치고 있다. 최근들어 우리나라에도 바이오매스 열병합발전소가 건설되고, 발전회사나 지역난방

업체, 스팀을 수요하는 제지, 식품, 섬유회사 등에서 바이오매스를 이용한 에너지 생산에 대한 관심이 높아지고 있다. 이는 최근의 신고유가 상황의 지속, 발전차액보전제도, 자발적재생에너지 의무부담 제도, 에너지이용합리화 자금 융자 제도 등을 통한 정부의 신재생에너지 보급노력이 크게 작용한 것으로 보인다. 또한 주요 공급원인 산림을 관장하는 산림청이나 관련 지자체에서도 국내목재 생산이 증가하면서 생산과정에서 발생하는 부산물의 에너지 이용에 대한 관심이 증가하고 있다.

목질계 바이오매스는 에너지 수입이 97%에 달하고 있고, 화석에너지 가격이 불안정한 최근 상황을 고려하면 에너지원 다변화 전략 차원에서 검토되어야 할 신재생에너지원이다. 또한 교토의정서가 지난 2005년 1월부터 발효됨에 따라 우리나라는 2012년 이후에 온실가스 감축의무 대상이 될 가능성이 점차 높아지고 있으므로, 온실가스에 대해 중립적인 목질계 바이오매스의 에너지 보급을 확대하여 기후변화협약에도 대응할 수 있을 것으로 보인다.

이에 본 연구를 통해 지역적으로 이용가능한 목질계 바이오매스의 잠재량을 추정하고, 바이오매스 열병합발전을 할 경우 투자 소요액을 산출하고자 한다. 또한 16개 시도별 지역산업연관표에 기초하여 투자수요 증가에 따라 지역 경제에 미치는 잠재적 파급효과를 분석하고자 한다.

2. 지역별 목질계바이오매스 잠재량

우리나라 전체 목질계 바이오매스 잠재량의 주공급처는 숲가꾸기 사업 부산물이라 할 수 있다. 2004년 기준 산림청 추정에 따르면 약 107만톤(Born Dry Ton)에 달한다. 다음으로 생활, 건설, 산업 폐목재 가운데 재활용량을 제외하면 약 154만톤이다. 그 밖에 도시개발, 골프장 건설, 도로공사 등으로 인해 발생하는 임목폐기물 및 병해충 피해목 등이 연평균 57만톤이 발생되고 있다. 따라서 총 잠재적 공급량은 318만톤으로 에너지단위로 환산시 143만 toe에 달하여 2005년 전체 신재생에너지 공급량의 29.4%에 이른다.

모든 공급원에 대한 지역적 현황 자료가 없기 때문에 2005년 기준 지역별 숲가꾸기 사업 현황 자료와 2004년 기준 환경부 폐목재의 지역적 발생량 자료에 기초하여 지역별 목질계 바이오매스의 잠재량을 추정하였다.

2.1 숲가꾸기 간벌목 잠재량

2005년 기준 숲가꾸기 사업량은 159,784ha인데 이 가운데 사유림이 130,784ha로 82%를 차지하고 있다(숲가꾸기사업팀, 2005). 국유림은 지역별 현황자료가 없고, 차지하는 비중이 낮기 때문에 지역별 잠재량 추정에서 제외하였다. 잠재량 계산을 위해 단위 헥타르당 20m³의 바이오매스가 산출된다고 가정하고, 2004년 기준 침엽수, 활엽수, 혼합림 평균 비중인 43%, 27%, 30%를 지역별 바이오매스 생산량에 적용하였다. 각 수종별 건비중인 0.47, 0.8, 0.64를 수종별 비중 곱하여 우드칩 생산량을 구하였다. 표1에 따르면 강원도, 전라남도, 경상북도의 잠재량이 가장 크게 나타나 이들 지역을 중심으로 목질계 바이오매스 산업이 활성화될 가능성이 클 것으로 전망된다.

<표 1> 지역별 숲가꾸기 부산물 생산 잠재량

| 지역 | 사업면적 | 생산량 | 우드칩생산량 |
|----|---------|----------------|-----------|
| | ha | m ³ | t |
| 계 | 130,784 | 2,615,680 | 1,597,424 |
| 서울 | 536 | 10,720 | 6,547 |
| 부산 | 1,032 | 20,640 | 12,605 |
| 대구 | 1,050 | 21,000 | 12,825 |
| 인천 | 281 | 5,620 | 3,432 |
| 광주 | 76 | 1,520 | 928 |
| 대전 | 1,772 | 35,440 | 21,644 |
| 울산 | 1,785 | 35,700 | 21,802 |
| 경기 | 10,959 | 219,180 | 133,856 |
| 강원 | 22,314 | 446,280 | 272,548 |
| 충북 | 10,629 | 212,580 | 129,825 |
| 충남 | 13,415 | 268,300 | 163,854 |
| 전북 | 8,330 | 166,600 | 101,744 |
| 전남 | 21,941 | 438,820 | 267,992 |
| 경북 | 20,663 | 413,260 | 252,382 |

| | | | |
|----|--------|---------|---------|
| 경남 | 15,395 | 307,900 | 188,038 |
| 제주 | 606 | 12,120 | 7,402 |

2.2 폐목재 잠재량

2004년 기준 환경부의 전국폐기물통계자료에 따르면 재활용되는 부분인 836천톤을 제외하면 약65%가 매립 및 소각되고 있다. 본 연구에서는 매립 및 소각되는 폐목재가 관련법(대기환경보전법 및 폐기물관리법) 개정에 의해 적정처리시설을 갖춘 바이오매스 열병합발전소에서 폐목재를 이용할 수 있다고 전제하여 이를 이용할 경우의 지역별 부존량을 계산하였다. 이에 의하면 경기, 서울, 대구의 순으로 부존량이 높게 나타났다.

<표 2> 지역별 폐목재 부존량

| 지역 | 생활폐목 | 사업장 폐목재 | 건설폐목 | 총계 |
|----|-----------|-----------|-----------|-------------|
| 합계 | 859,575.0 | 145,635.0 | 538,010.0 | 1,543,220.0 |
| 서울 | 177,609.0 | 73.0 | 144,832.0 | 322,514.0 |
| 부산 | 45,734.5 | 2,190.0 | 22,703.0 | 70,627.5 |
| 대구 | 87,125.5 | 1,022.0 | 3,285.0 | 91,432.5 |
| 인천 | 21,644.5 | 20,440.0 | 328.5 | 42,413.0 |
| 광주 | 25,112.0 | 182.5 | 10,475.5 | 35,770.0 |
| 대전 | 5,511.5 | 2,117.0 | 182.5 | 7,811.0 |
| 울산 | 37,960.0 | 10,731.0 | 1,022.0 | 49,713.0 |
| 경기 | 179,397.5 | 20,914.5 | 262,982.5 | 463,294.5 |
| 강원 | 34,273.5 | 2,007.5 | 12,556.0 | 48,837.0 |
| 충북 | 39,529.5 | 8,066.5 | 8,650.5 | 56,246.5 |
| 충남 | 31,718.5 | 19,089.5 | 29,309.5 | 80,117.5 |
| 전북 | 20,695.5 | 46,355.0 | 3,540.5 | 70,591.0 |
| 전남 | 25,221.5 | 620.5 | 27,229.0 | 53,071.0 |
| 경북 | 57,925.5 | 1,131.5 | 4,708.5 | 63,765.5 |
| 경남 | 60,590.0 | 10,694.5 | 6,205.0 | 77,489.5 |
| 제주 | 9,526.5 | 0.0 | 0.0 | 9,526.5 |

3. 열병합발전소 건설 투자액 추정

3.1 바이오열병합발전소 투자분석

신규 바이오매스 열병합 발전소를 건설한다고 가정하고, 열추출방식을 따를 경우, 전력 8.7 MWh, 열 24.2 MWh의 용량으로 32평형 공동주택 1만 세대에 열공급이 가능하다. 소요되는 시설투자비를 열병합발전설비, 열전용보일러, 열생산설비, 열배관설비 및 간접투자비를 포함시켜 총 378억원으로 가정하였다(한국지역난방공사 내부자료, 2006). 이때 투입되어야 할 총 우드칩은 연간 6만톤(kg당 2700 kcal)으로 가정하였다. 산업연관분석을 위해 세부설비를 대분류(한국은행, 2003)에 의한 산업분류표상의 해당 산업에 매핑시켰다(표2).

<표 3> 바이오매스 열병합발전소 투자비(백만

| 산업분류 | 항목 | 투자비 (백만원) | 상대비 |
|-------------|---------|--------------|--------|
| 일반기계 | 열병합발전설비 | 8,450 | 0.2235 |
| | 열전용보일러 | 2,869 | 0.0759 |
| | 소계 | 11,319 | 0.2993 |
| 전력가스및 수도 | 열생산설비 | 14,248 | 0.3768 |
| | 열배관 | 9,030 | 0.2388 |
| | 간접투자비 | 3,218 | 0.0851 |
| | 소계 | 26,496 | 0.7007 |
| 총계 | | 37,815 | 1.0000 |

3.2 지역별 투자수요

바이오매스 열병합발전소 1기당 필요한 연간 우드칩 수요량 6만톤을 기준으로 지역별로 건설 가능한 바이오열병합 발전소를 추정하였고, 이에 대해 한 기당 투자액인 378억원을 곱하여 지역별 총투자수요를 산출하였다. <표 3>에 따르면 경기, 강원, 서울, 전남, 경북지역에 바이오열병합 발전소를 대부분 건설하게 된다.

<표 4> 지역별 바이오열병합발전 투자소요액

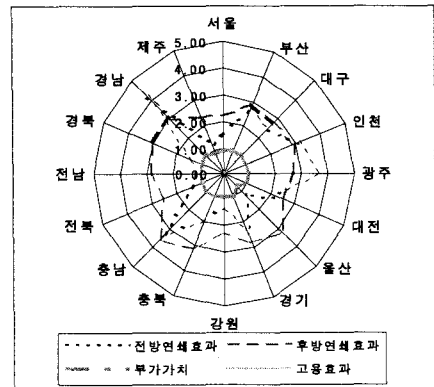
| 구분 | 바이오매스 잠재량 | 바이오열병합 발전소(기) | 투자액 (억원) |
|----|--------------|------------------|-------------|
| 합계 | 3,140,644 | 45 | 17,010 |
| 서울 | 329,061 | 5 | 1,890 |
| 부산 | 83,233 | 1 | 378 |
| 대구 | 104,257 | 1 | 378 |
| 인천 | 45,845 | - | - |
| 광주 | 36,698 | - | - |
| 대전 | 29,455 | - | - |
| 울산 | 71,515 | 1 | 378 |
| 경기 | 597,150 | 9 | 3,402 |
| 강원 | 321,385 | 5 | 1,890 |
| 충북 | 186,071 | 3 | 1,134 |
| 충남 | 243,971 | 4 | 1,512 |
| 전북 | 172,335 | 2 | 756 |
| 전남 | 321,063 | 5 | 1,890 |
| 경북 | 316,148 | 5 | 1,890 |
| 경남 | 265,527 | 4 | 1,512 |
| 제주 | 16,928 | - | - |

4. 지역산업연관분석

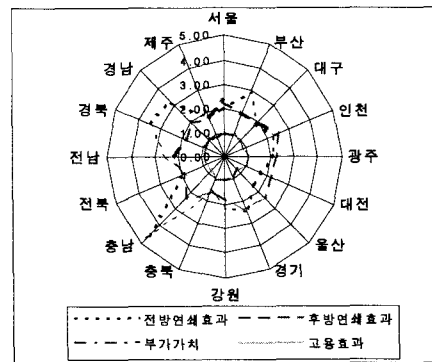
4.1 지역별 연관효과 승수 추정

국가단위의 산업연관표는 5년마다 발표되지만 지역별 산업연관표는 아직까지 공식적으로 작성되지 않고 있다. 이에 국토연구원에서 2003년에 지역간 투입계수 행렬을 RAS 방법으로 추정하여 작성한 지역별 산업연관표를 응용하였다(국토연구원, 2003). 전후방연쇄효과는 레온티에프 역행렬 계수¹⁾의 행의 합과 열의 합으로 구할 수 있으나, 부가가치 및 고용 효과는 부가가치계수 및 고용계수를 구하여야 한다. 이를 위해 지역별 부가가치, 생산액, 및 고용자수를 사업체 기초통계조사보고서와 전국통계연감으로부터 작성하였다.

<표 5> 일반기계의 연관효과 승수



<표 6> 전력가스및수도의 연관효과 승수



1) 레온티에프 역행렬계수는 가계부문을 외생변수로 취급하는 개방모형(open model)을 가정하였다(Miller and Blair, 1985)

4.2 지역별 연관효과

전방연쇄효과는 경기, 충남, 경북순이었고, 후방연쇄효과는 경기, 전남, 서울순이었다. 부가가치효과는 경기, 서울, 경북 순으로 나타났다. 고용효과는 서울, 경기, 강원 순으로 나타났다. 인천, 광주, 대전, 제주 지역의 경우는 잠재량이 부족하여 목질계 바이오매스 투자에 따른 파급효과가 나타나지 않았다. 산업파급효과를 추정하기 위해 이들 수입 플랜트가 장기적으로는 100% 국산화된다고 전제하였음을 상기시켜두고자 한다.

〈표 6〉 지역별 목질계 바이오매스 파급효과
(단위 : 억원)

| 지역 | 전방연쇄 | 후방연쇄 | 부가가치 | 고용효과(인) |
|----|-----------|-----------|-----------|---------|
| 서울 | 3,412.15 | 4,248.66 | 1,783.73 | 705 |
| 부산 | 1,058.02 | 837.94 | 364.39 | 61 |
| 대구 | 769.68 | 845.98 | 353.48 | 86 |
| 인천 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0 |
| 광주 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0 |
| 대전 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0 |
| 울산 | 576.13 | 979.76 | 295.45 | 27 |
| 경기 | 8,048.55 | 8,214.25 | 3,148.34 | 451 |
| 강원 | 3,559.84 | 3,568.80 | 1,688.85 | 300 |
| 충북 | 1,913.32 | 2,263.16 | 1,077.00 | 138 |
| 충남 | 6,349.08 | 4,093.17 | 1,429.42 | 147 |
| 전북 | 1,273.41 | 1,606.82 | 717.11 | 118 |
| 전남 | 4,108.79 | 4,533.11 | 1,673.61 | 179 |
| 경북 | 5,376.94 | 4,149.25 | 1,749.95 | 242 |
| 경남 | 5,239.39 | 3,498.46 | 1,454.94 | 175 |
| 제주 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0 |
| 합계 | 41,685.30 | 38,839.35 | 15,736.28 | 2,630 |

5. 결론

본 연구는 목질계 바이오매스를 우드칩의 형태로 가공하여 바이오매스 열병합발전소의 주연료로 이용할 경우 16개 시도별 경제적 파급효과를 분석하였다. 숯가꾸기사업 부산물 잠재량은 강원, 전남, 경북 순으로 높았고, 폐목재 이용 잠재량은 경기, 서울, 대구 순이었다. 두 가지 공급원을 합하면 경기, 서울, 강원, 전남, 경북 순으로 바뀐다. 이들 지역의 우드칩 공급 잠재량이 높기 때문에 바이오열병합발전소도 이들 지역 중심으로 건설될 것으로 분석되었다.

산업파급효과 역시 주로 경기, 서울, 전남, 경북, 강원도에서 높게 나타났고, 예외적으로 충남 지역의 전방연쇄효과가 높게 나타났다. 지역파급

효과를 합할 경우 전방연쇄효과가 약 4조원, 후방연쇄효과가 3조9천억원, 부가가치가 1조 6천억원, 고용효과가 2천 6백여명으로 추정되었다. 이와같이 목질계 바이오매스의 잠재량은 타 신재생 에너지원에 비해 높기 평가받을 만하며, 지역에 미치는 파급효과도 상당한 것으로 추정되었다.

그러나 현재로서는 우드칩의 생산가격이 바이오매스 수집비용에 의해 좌우되고 있고, 임항과 지황이 열악한 곳은 수집비용이 높게 나타나 이용하기 어려운 상황이다. 따라서 단기적으로는 수집비용이 적게 드는 우량 임지로부터 바이오매스를 공급하는 데에 주안점을 두고, 향후 우드칩을 안정적으로 공급하기 위해서는 산림청, 산업자원부, 환경부, 농림부가 상호협력을 통해 임도 개설, 간벌목 수집 활성화, 폐목재 이용확대 등을 통해 우드칩의 안정적 공급을 위한 지원정책을 수립하고, 관련 법제도를 정비해야 할 것이다.

물론 기존 국내 목재시장에 대한 영향을 최소화하는 차원에서 목질계 바이오매스의 안정적 공급방안을 모색해야 할 것이다. 즉 제로섬 게임이 아니라 국내목재시장도 활성화되면서 에너지시장도 창출하는 윈윈전략이 되어야 한다는 것이다.

향후 주요 이슈로는 안정적인 목질계 바이오매스 공급시스템 구축을 위한 범부처간 협의체 구성, 부처간 상호 지원방안, 우드칩, 우드펠릿, 우드브리켓 등 고품질의 사용확대를 위한 법제도 개선방안, 에너지 특화 조립사업의 시범사업 등이다.

후 기

본 연구는 2006년 에너지경제연구원의 기본사업 과제 '지역균형발전을 위한 지역에너지보급사업의 추진전략 및 경제적 파급효과'의 일환으로 수행되었습니다.

References

- [1] 박상우, 이종열, 변세일, 2003, "지역간 산업연관표 작성에 관한 연구(III)", 국토연구원
- [2] 산림청 숯가꾸기사업팀, 2005, '2005년 숯가꾸기사업계획'
- [3] 통계청, '2000 사업체 기초통계조사보고서'
- [4] 한국은행, 2003, '2000년 산업연관표'
- [5] 한국지역난방공사 신재생에너지팀, 2006, '바이오매스 열병합발전의 경제성 분석'
- [6] 환경부, 2005, '2004 전국폐기물통계'
- [7] EU, 2005, 'Wood Energy Barometer'
- [8] Miller, R. and Blair, D.P., 1985. 'Input-Output Analysis: Foundations and Extensions', Prentice-Hall, Inc., New Jersey, USA.