

목재펠릿시스템의 대체투자 가능성 분석

– 시설과채 사례 –

김성섭^a · 김태후^b · 서상택^{c*}

^a농촌진흥청 농산업경영과(전북 전주시 덕진구 농생명로 300)

^b한국농촌경제연구원 농식품정책성과관리센터(전남 나주시 빛가람로 601)

^c충북대학교 농업생명환경대학 농업경제학과(충북 청주시 서원구 충대로 1)

Replacement Investment with Pallet Fuel System in Greenhouse Fruit and Vegetables

Seongsup Kim^a · Taehoo Kim^b · Sangtaek Seo^{c*}

^aFarm and Agribusiness Management Division, Rural Development Administration, Korea

^bCenter for Agricultural Policy Evaluation, Korea Rural Economic Institute, Korea

^cAgricultural Economics, College of Agriculture, Life and Environment Sciences, Chungbuk National University, Korea

Abstract

This study aimed to analyze the replacement investment of the diesel fuel system with the pallet fuel system in the Korean farming sector. Equivalent annual annuity approach was used to resolve a discrepancy of useful life in capital goods and to facilitate investment analyses in an independent perspective. Data was obtained from previous studies on economic analysis of greenhouse tomato, paprika and cucumber. Results showed that the replacement with the pallet fuel system was acceptable irrespective of the remaining period of useful life for the diesel fuel system. In addition, sensitivity analysis with government support level, repair cost, and light and heat energy cost showed robustness in the possibility of replacement with the pallet fuel system while the speed of replacement was accelerated with an increase in the amount of diesel fuel used and price of diesel fuel, and a decrease in price of the pallet fuel. The result implied that the replacement investment rather than a new investment was appropriate for existing greenhouse farmers and the pallet fuel system was acceptable to replace existing diesel fuel system in producing greenhouse tomato, paprika and cucumber.

Key words: pallet fuel system, replacement investment, equivalent annual annuity approach

1. 서론

국민소득의 향상과 함께 신선 채소류 및 과일류에 대한 소비가 계절을 불문하고 일상화되었다. 이와 같은 소비패턴의 변화는 품종의 개발, 재배기술 발전, 시설과 장비 등 관련 산업의 성장 등 다양한 요인들에 의해 뒷받침되고 있다. 특히, 농업용 난방시스템의 발전은 혹한기에도 작물재배를 가능케 하는 원동력이 되었다.

우리나라의 농업용 난방시스템은 연탄, 등유, 경유 등 화석연료 중심으로 발전되어 왔다. 화석연료는 높은 열효율, 취급의 용이성, 관련 산업의 발달 등에 힘입어 시설농업의 핵심 에너지원이 되었다. 화석연료에 기초한 단경기 생산은 시설농업의 경제성과 지속성을 유지시키는 원천이 되었다.

국제 유가의 변동과 그에 따른 난방용 유류의 가격변동은 농업경영을 불안정하게 하는 요인이 되고 있다(정우석, & 서상택,

주요어: 목재펠릿시스템, 대체투자, 등가연금법

* 교신저자(서상택) 전화: 043-261-2590, e-mail: stseo@cbnu.ac.kr

2013). 최근에는 화석연료가 환경을 오염시키는 주요한 원인 중 하나로 인식되면서 대체 에너지의 개발이 진전되고 있다. 이에 대한 대책으로 정부는 '농업에너지이용효율화사업'의 시행을 통해 신재생 에너지 및 에너지 절감시설의 보급을 확대하고 있다. 이를 통해 농가의 경영비 절감 및 탄소절감을 꾀하고 있다. 농업 인도 유가가 상승할 경우 작목을 전환하기 보다는 가온·보온 시설을 교체하는 경향이 있다(최칠구 등, 2015).

대표적인 신재생에너지로는 지열, 태양광, 목재펠릿 등이 있다. 지열난방시스템은 농촌진흥청을 중심으로 농업적 이용을 위한 기술개발이 많이 진척되었으며, 경제성 측면에서도 기존 화석연료에 비해 우수한 것으로 분석되었다(정우석, & 서상택, 2013). 그러나 초기 투자비용이 많이 소요되기 때문에 정부의 지원이 없는 시설재배농가에서 도입이 쉽지 않은 편이다. 또한 지열시스템을 설치하기 위해서는 일정한 부지가 필요하기 때문에 시설재배 농가에서는 새로운 부지를 추가로 확보해야 하는 어려움이 있다. 태양광은 아직까지 농업부문에 활용되지 않고 있다. 목재펠릿은 정부가 2010년부터 '시설원예용 목재펠릿난방기 설치 지원 사업'을 시행하고 있다. 목재펠릿보일러의 보급 확대를 위해 2017년 기준으로 에너지 및 자원사업 특별회계 국고(보조 30%, 융자 20%), 지방비 30%, 자부담 20%, 즉, 60%의 보조금을 지원하고 있다.

본 연구에서는 토마토, 파프리카, 오이 등을 재배하는 시설과 채농가의 목재펠릿보일러 도입에 따른 대체투자의 가능성을 분석하였다. 대체투자분석은 신규투자분석처럼 배타적인 두 가지 투자대안을 분석하는 접근방법을 취하였다. 이 연구는 신규투자가 아니라 농업현장에서 흔히 직면하는 대체투자를 다루었다는데 의의가 있다. 또한 분석기법으로 배타적인 신규투자방법을 통해서 대체투자를 손쉽게 평가하였다는데 의의가 있다. 분석결과는 목재펠릿보일러의 도입을 고려하고 있는 시설과채농가 및 현지 지도자들에게 필요한 경제적 의사결정에 도움을 줄 것으로 기대된다. 글의 구성은 다음과 같다. 먼저, 대체투자분석에 활용되는 분석모형을 설정하고 분석에 이용된 자료를 제시한다. 다음으로 분석결과를 해석하고 시사점을 도출한다.

2. 선행연구

2.1. 전통적 경제성 분석과 대체투자 분석

경제성 분석에는 전통적으로 순현재가치법(NPV)이 널리 활용되고 있다(배정환, & 박철희, 2011; 서상택, 김선웅, & 김관후,

2008; 양정수, & 윤성이, 2013). 이 방법은 매년의 순현재흐름을 할인하여 투자비용과 비교하는 기법이다. 내부수익률법(IRR)에 비해 재 투자수익률(reinvestment rate)을 일정하게 유지할 수 있는 장점이 있다. 이 방법을 적용한 경제성분석 연구들은 기본적으로 신규투자를 전제로 하고 있다. 대안이 되고 있는 에너지시스템들을 투자 시점에 신규로 도입할 경우 경제성이 있는지, 있다면 어떤 시스템의 순현재가치가 가장 큰지를 결정하였다. 그러나 시설재배농가의 대부분은 시설하우스내에 이미 경우에너지시스템이나 중유에너지시스템이 설치되어 있다. 농가의 입장에서는 기존의 시스템을 신규 시스템으로 대체할 것인지, 대체한다면 언제 할 것인지에 관심이 있다. 따라서 신규 시스템의 도입에 따른 경제성 분석보다는 대체에 따른 경제성을 분석할 필요가 있다. 아직까지 우리나라 농업부문에서 농업용 기계나 시설에 대한 대체투자를 분석한 연구는 없다.

해외에서는 대체투자에 대한 연구가 다양하게 이루어져 왔다(Bradford, & Reid, 1982; Smith, 1990; Frasier, & Pfeiffer, 1994; Ibdahl et al., 2014). 그러나 대부분의 연구는 Perrin(1972)의 연구에 기초를 두고 있다. Perrin(1972)은 대체투자를 두 가지 관점에서 접근하였다. 첫 번째, 대체투자는 동일한 자산으로만 이루어질 수 있으며, 사용 기간이 경과함에 따라 현재가치가 최대화되도록 대체투자를 실시한다. 두 번째, 기술진보에 따라 새로운 투자대안을 고려하여 대체투자를 실시한다. 대체투자는 기존의 자산과 새로운 투자 대안의 현재가치를 비교하여 큰 것을 선택하게 되는데, 내용연수가 다를 경우 공정한 비교가 어려운 단점이 있다. 특히, 내용연수의 차이는 기존 자산의 사용기간 경과에 따른 잔존기간의 차이로도 간주될 수 있다.

최근 들어 Chen, & Mayes(2012)는 내용연수의 차이에도 불구하고 배타적인 투자대안의 분석을 통해서도 전통적인 대체투자 와 동일한 결론을 얻을 수 있음을 보인바 있다. 즉, 신규투자에 대한 이해와 접근만으로도 공정한 대체투자분석이 가능함을 보였다. 본 연구에서 고려하고 있는 시설과채농가의 경우, 기 보유하고 있는 난방시스템의 잔존기간이 도입 초기의 잔존기간부터 폐기 시의 잔존기간까지 다양하다. 반면, 신규로 도입을 검토하고 있는 목재펠릿보일러는 사용기간이 전혀 없는 상태에서 분석이 이루어져야 한다. 따라서 Chen, & Mayes(2012)의 연구결과는 시설과채농가의 에너지시스템에 대한 대체투자분석에 적용될 수 있으며, 분석의 수월성으로 인해 현장에서의 수용성과 활용가능성이 매우 높을 것으로 예상된다.

2.2. 목재펠릿시스템에 대한 경제성 분석

목재펠릿시스템은 기존의 화석연료를 대체할 수 있는 또 하나의 대안이 되고 있다. 부지에 대한 고민 없이 기 설치된 하우스 내에서 연료시스템만 설치하면 되기 때문에 적용하기 간편하다는 장점이 있다. 펠릿 생산기술이 발달하면서 폐목이나 잡목을 활용한 펠릿이 저렴하게 공급됨에 따라 생산비용의 절감에도 기여할 수 있는 것으로 인식되고 있다. 정부 역시 기후변화 대응 및 온실가스 감축을 위해 친환경 기술인 목재펠릿보일러 보급을 장려하고 있다. 배정환, & 박철희(2011), 양정수, & 윤성이(2013)는 시설재배에 있어서 목재펠릿보일러가 기존의 화석연료 보일러에 비해 경제성이 있음을 분석한 바 있다. 추가적으로 CO₂의 저감량을 탄소배출권으로 적용할 경우 경제적 편익이 추가될 수 있음을 언급하였다. 박현태, & 김연중(2010)도 목재펠릿보일러가 상대적으로 경제성이 있는 것으로 분석하였으며, 유가의 증가에 따라 경제성이 커짐을 보였다. 이와 같이 저렴한 원료 펠릿과 함께 목재펠릿보일러가 공급됨에 따라 기존의 화석에너지시스템을 대체하는 것에 대한 논의가 진전되고 있다. 다만, 선행연구들은 전통적인 순현재가치법을 이용하였기 때문에 에너지시스템들을 신규 투자시점에서만 비교하였다는 한계가 있다. 에너지 시스템을 보유한 농가들은 대부분 대체투자에 관심이 있기 때문에 연구결과의 이용에 한계가 있다.

3. 연구방법

3.1. 분석모형

일정한 내용연수를 갖는 자본재의 수익성을 검토하는 대표적인 방법으로 순현재가치법(NPV)이 있다. 순현재가치법(NPV)은 내용연수 동안 자본재가 만들어 내는 순현재금흐름의 현재가치(PV)와 현재 시점(t=0)의 투자비용(C)을 비교하여 투자여부를 결정한다.

$$NPV = C + PV \tag{1}$$

여기서 현재가치(PV)는 내용연수(t=1,...,n) 동안의 순현재금흐름(NC)을 정해진 할인율(r)을 이용하여 현재가치화하여 계산한다.

$$PV = \sum_{t=1}^n \frac{NC_t}{(1+r)^t} \tag{2}$$

순현재가치법은 계산된 순현재가치가 비음(-)의 값을 가질 때, 즉 NPV ≥ 0일 때 투자의 가치가 있는 것으로 판단한다. 만약 여러 개의 배타적인 투자 대안이 있을 경우 순현재가치가 가장 큰 것을 선택한다. 이 방법은 이익의 극대화를 추구하는 경영자의 목표와 부합하고, 투자 대안에 대해 동일한 재투자율(reinvestment rate)을 적용함으로써 공정한 비교가 가능하다는 장점이 있다.

대체투자는 기존에 사용 중인 자본재를 새로운 자본재로 대체할 것인지, 대체를 한다면 언제 하는 것이 적절한지(optimal time)가 주요 관심사이다. 대체투자를 결정하기 위해 사용되는 투자분석 기법으로 증분현재금흐름접근법(Incremental Cash Flow Approach: ICF)과 한계분석법(Marginal Analysis: MA)이 널리 활용된다.

증분현재금흐름접근법(ICF)은 대체재의 내용연수 동안 대체에 따른 수익흐름의 현재가치를 매년 계산하고, 가장 큰 현재가치를 가져다주는 대체시기를 결정한다.

$$V_0 = \frac{1}{1 - (1+r)^{-s}} RF_s \tag{3}$$

$$\text{여기서, } RF_s = \sum_{n=1}^s \frac{R_n}{(1+r)^n} + \frac{M_s}{(1+r)^s} - M_0$$

R_n은 n기의 수익, M_s는 s기의 자산가치, M₀는 초기 자산가치, s는 대체시기를 나타낸다. 수식에서 RF_s는 s기까지 수익흐름의 현재가치를 나타낸다. RF_s의 왼쪽 부분은 자본회수계수(capital recovery factor)를 할인율로 나눈 것으로서 RF_s를 연금으로 변환한 다음 영구연금(perpetual annuity)의 현재가치로 변환하는 역할을 한다. 따라서 V₀는 매 s기에 대체투자를 할 경우에 얻을 수 있는 영구연금의 현재가치를 나타낸다. 증분현재금흐름법은 이 영구연금의 크기를 가장 크게 하는 투자시기를 결정한다.

한계분석법(MA)은 자산을 한 기간 더 보유함으로써 얻게 되는 이익, 즉 한계이익과 동기간 동안 자산의 대체로 인해 얻을 수 있었던 이익인 기회비용 또는 한계비용의 크기가 같아지는 투자시기를 결정하는 방법이다.

$$R_{s+1} + \Delta M_{s+1} = \frac{1}{1 - (1+r)^{-s}} \left[\sum_{n=1}^s \frac{R_n}{(1+r)^n} + M_s - M_0 \right] \tag{4}$$

여기서 ΔM_{s+1} 은 자산 가치의 변화분을 나타낸다. 만약 등식의 자산 보유에 따른 한계이익(등식의 왼쪽)이 한계비용(등식의 오른쪽)보다 클 경우 기존 자산을 보유하고 반대의 경우 자산의 대체가 바람직하다. 한계분석법에 따르면 자산의 최적 교체시기는 자산을 한 기간 더 보유하는데 따르는 한계이익과 한계비용이 같아지는 시기이다.

이 방법들은 투자대안별로 현금흐름을 독립적으로 계산하여 비교하는 것이 아니라 두 투자대안의 현금흐름을 매년 대응시켜 그 증분의 가치를 검토함으로써 단일 투자안의 의사결정규칙을 적용한다. 그 예로 Bringham, & Daves(2007)는 증분현금흐름을 이용함으로써 대체투자를 배타적인 대안에 대한 투자분석이 아닌 독립적인 단일투자에 대한 투자분석으로 간주한 바 있다. Gitman(2009)도 Bringham, & Daves(2007)와 마찬가지로 대체투자를 평가하기 위해서는 증분의 현금흐름에 대한 분석이 이루어져야함을 강조하였다.

두 투자대안의 내용연수가 동일할 경우 독립적으로 순현재가치를 계산하여 비교하여도 증분현금흐름접근법과 동일한 의사결정에 도달할 수 있다. 뿐만 아니라 독립적으로 계산한 순현재가치의 차이는 증분현금흐름접근법으로 계산한 순현재가치와 그 크기가 동일하다(Chen, & Mayes, 2012). 그러나 독립적으로 계산한 내부수익률은 증분현금흐름접근법으로 계산한 내부수익률과 동일한 의사결정에 도달하지 않을 수 있다. 이는 대안별로 계산된 내부수익률이 각 대안의 재투자수익률(reinvestment rate)로 이용되기 때문이다(Barry, & Ellinger, 2011). 비록 동일한 재투자수익률을 적용한다고 하더라도 투자규모의 차이가 클 경우 동일한 의사결정에 도달하지 않을 가능성이 있다.¹⁾ 결과적으로 내용연수가 동일한 대체투자에서는 순현재가치법이 가장 적합한 투자분석법이라고 할 수 있다.

반면, 두 대안의 내용연수가 다를 경우 순현재가치법은 잘못된 우선순위를 부여할 수 있다는 단점이 있다. 즉, 순현재가치법을 이용하여 내용연수가 다른 대안을 비교할 때 증분현금흐름접근법을 이용한 단일 투자분석방법과 배타적인 두 대안의 독립된 투자분석방법은 동일한 투자가치 및 동일한 의사결정에 도달할 수 있지만, 의사결정 자체가 잘못될 수 있다는 것이다. 이는 투자

대안의 내용연수가 짧을수록 상대적으로 수익성이 저평가됨으로써 잘못된 선택의 원인을 제공할 수 있기 때문이다.

내용연수의 불일치 문제를 해결하기 위해 두 가지 방법이 활용될 수 있다. 첫 번째는 연속대체법(Replacement Chain Method: RCM) 또는 최소공통기간접근법(Least Common Denominator Approach)이다. 두 번째는 등가연금법(Equivalent Annual Annuity Approach: EAA)이다.

연속대체법(RCM)은 내용연수가 다른 두 대안이 동일한 내용연수를 갖도록 최소 공통내용연수를 적용하는 투자분석방법이다. 예를 들어, 농기계 A의 내용연수가 3년이고, 농기계 B의 내용연수가 5년이라고 가정하자. 내용연수의 차이를 무시하고 두 대안의 순현재가치를 계산할 경우 농기계 B가 농기계 A에 비해 2년의 추가 현금흐름을 포함하는 문제점이 있다. 따라서 두 대안의 최소공통내용연수인 15년을 적용하여 동일한 기간에 대해 현금흐름을 비교할 수 있다. 최소공통내용연수를 K 라 할 때, 각 대안별 순현재가치(NPV_j)는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$NPV_j = \sum_{t=1}^K \frac{C_{jt}}{(1+r)^t} + \sum_{t=1}^K \frac{NC_{jt}}{(1+r)^t} \quad (5)$$

등가연금법(EAA)은 투자 대안별로 내용연수 동안 발생하는 현금흐름의 현재가치를 연금으로 변환하여 그 크기를 비교하는 방법이다. 따라서 투자 대안간 내용연수의 차이에도 불구하고 연금이라는 동일한 기준을 가지고 평가할 수 있다.

$$EAA_j = \frac{NPV_j}{\left[\frac{1 - (1+r)^{-N}}{r} \right]} \quad (6)$$

수식에서 분모는 이자율이 r 일 때 내용연수 N 동안에 산출되는 연금의 현재가치를 나타낸다. 따라서 등가연금법은 각 대안별 순현재가치(NPV_j)를 연금으로 변환한 값을 산출한다.

이상의 방법들은 증분현금흐름법과 동일한 의사결정에 도달할 수 있다. 더욱이 방법론간의 잘못된 구분을 제거할 수 있으며, 내용연수의 불일치나 프로젝트의 규모에 따른 순위문제를 해소할

1) 순현재가치(NPV)와 내부수익률(IRR)에 기초한 의사결정의 불일치가 주로 재투자율(reinvestment rate)의 차이에 기인한다는 점에 착안하여 제안된 방법이 조정된 내부수익률(Modified Internal Rate of Return: MIRR)인. 조정된 내부수익률(MIRR)은 순현재가치의 계산에 적용되는 할인율을 이용하여 현금흐름의 미래가치를 계산한 다음, 초기 투자비용과 일치하는 내부수익률을 계산하는 방법인. 조정된 내부수익률과 순현재가치에 근거한 의사결정은 초기 투자규모 차이(size effect)에 기인한 불일치를 제외하면 대부분 일치함(Barry, & Ellinger, 2011). 초기 투자규모의 차이를 제거하기 위해서는 투자규모가 작은 대안의 초기 투자규모를 증액하여 두 대안의 투자액 차이를 "0"으로 만든 다음, 증액된 투자액에 대해 내용연수 동안 할인율이 적용된 현금흐름(augmented cash flow)을 추가적으로 계산해야 함(Chen, & Mayes, 2012). 이처럼 재투자율과 초기 투자규모에 대한 일관된 적용이 이루어질 때 각 투자분석방법은 동일한 의사결정에 도달할 수 있음.

수 있는 장점이 있다(Chen, & Mayes, 2012). Block, & Hirt(2008)는 이 방법이 추가적인 노력없이 기존에 활용되던 증분현금흐름 접근법을 대체할 수 있음을 언급하였다.

본 연구에서는 Chen, & Mayes(2012)의 연구결과에 기초하여 대체투자를 상호 배타적인 투자로 간주하여 투자분석을 실시하였다. 이 방법은 두 개의 대안을 동시에 검토하는 것이 아니라 한 번에 하나씩 검토한다. 구체적으로 배타적인 투자분석에서 문제가 되고 있는 내용연수의 불일치를 해소하기 위해 등가연금법을 이용하여 분석을 실시하였다(식 6).

3.2. 분석자료

<표 1>은 가온방식별 시설채소 재배면적이다. 대부분 유류를 사용하는 난방기를 통해 가온을 하고 있는 것으로 나타났다. 목재펠릿의 경우 2010년 123ha에서 2015년 730ha까지 빠르게 증가하다가 2016년 다소 684ha로 다소 감소하였다.

본 연구는 목재펠릿보일러의 대체가능성을 검토하기 위해 새 장비의 도입에 따른 현금흐름의 차이를 분석하였다. 목재펠릿보일러의 도입이 기존 경유보일러에 비해 생산량이나 생산물의 가격에 큰 영향을 주지 못한다. 반면, 구입비용이나 투입비용은 장비에 따라 차이가 발생한다. 따라서 본 연구는 연차별 투입비용의 차이만을 검토(비용기준)하여 대체가능성을 분석하였다. 연구 대상은 시설토마토, 시설파프리카, 시설오이 등 시설과채농가에서 사용하는 목재펠릿보일러를 가정하였다. 또한, 투입비용의 변화는 보일러 구입비용, 수리비(repair cost), 광열동력비(light and heat energy cost) 등으로 구분하여 살펴보았다.

3.2.1. 농업용 난방기 구입비용

현재 정부는 농업용 목재펠릿보일러 구입 시 구입비용의 일부를 지원하고 있다. 지원금은 한국농기계협동조합에 고시되어있

는 제품에 한정하여 펠릿 보급사업 기준 국고60%, 용자 20%, 자부담 20%이다. 분석은 농업인이 실제로 부담하는 구입금액을 기초로 시작하였다. 시설과채류를 재배하는 농업인은 면적당 100cal/m²의 열량을 발생 시킬 수 있는 난방기를 선택하고 있는 것으로 나타났다(최칠구 등, 2015). 본 연구에서는 농업인이 필요열량을 기준으로 보일러를 선택함을 가정하였다. 한국농기계협동조합에서 고시하고 있는 난방기의 평균적인 가격과 선행연구(박현태, & 김연중, 2010; 양정수, & 윤성이, 2013; 최칠구 등, 2015)를 통해 적용한 난방기의 가격은 <표 2>와 같다.

경유보일러의 초기투자비용은 1ha기준 40,000천원을 적용하였다. 목재펠릿보일러의 가격은 판매업체에 따라 차이가 있지만 평당 50천원이다. 즉, 목재펠릿보일러의 초기투자비용은 1ha기준 150,000천원이며, 농업인의 실제부담을 40%를 곱할 경우 60,000천원이 된다. 다만, 차후 목재펠릿보일러에 대한 정책변화를 고려하여 목재펠릿보일러에 대한 보조금을 제외한 분석(자부담 100%)을 추가적으로 수행하였다.

기존에 사용 중인 고정자산(경유보일러)의 초기투자비용은 보일러의 잔존 가치로 평가하였다. 농업용 기계는 중고시장이 활성

<표 2> 농업용 난방기의 잔존가치 (단위: 천원/ha)

잔존기간	경유보일러			목재펠릿보일러	
	정액법	정률법	매몰비용	자부담 40%	자부담 100%
10년	40,000	40,000	40,000	60,000	150,000
9년	36,000	29,640	0		
8년	32,000	21,963	0		
7년	28,000	16,275	0		
6년	24,000	12,060	0		
5년	20,000	8,936	0		
4년	16,000	6,622	0		
3년	12,000	4,907	0		
2년	8,000	3,636	0		
1년	4,000	2,694	0		
0년	0	0	0		

<표 1> 가온방식별 시설채소 재배면적

(단위: ha)

연도	계	고체연료			유류			전기	지열	가스
		연탄	목재펠릿	기타	경유	등유	기타			
2010	12,951	376	123	432	7,943	1,669	1,806	475	112	15
2011	13,771	370	175	280	8,835	1,485	2,069	504	38	15
2013	13,980	271	403	507	8,454	1,406	2,031	760	116	32
2014	14,883	285	542	252	8,840	1,949	1,913	930	136	36
2015	15,878	264	730	316	7,693	3,297	2,324	999	214	41
2016	15,100	249	684	388	4,741	5,183	2,281	1,276	232	65

자료: 농림축산식품부, 「시설채소 온실현황 및 채소류 생산실적」, 2012년의 경우 자료의 일관성 부족으로 제외

화 되어있지 않기 때문에 중고 농업용 기계의 가격을 책정하기 어렵다. 본 연구에서는 농업분야에서 일반적으로 사용하고 있는 정액법과 농업용 기계의 특성을 적절하게 반영할 수 있는 정률법을 구분하여 대체투자 가능성을 분석하였다. 보일러의 내용연수는 10년을 가정하였다. 이때, 정률법의 상각률은 25.9%이다. 추가적으로 중고 농업용 난방기의 판매가 어려운 점을 고려하여 농업용 난방기 가격을 매몰비용으로 처리한 분석을 포함하였다.

3.2.2 수리비

농업용 기계의 수리비는 일반적으로 수리비계수를 적용하여 매년 동일한 금액을 산정한다(표 3). 본 연구에서는 농업용 보일러의 경우 초기투자비용의 6%를 수리비계수로 적용하였다(채중훈, 성방욱, & 송주창, 2011). 경유보일러와 목재펠릿보일러의 ha 당 수리비는 각각 연간 2,400천원, 9,000천원이다. 목재펠릿보일러의 경우 보조금이 적용된 경우에도 수리비는 보조금이 적용되지 않은 150,000천원을 기준으로 산정하였다.

한편, 농업용 기계의 수리비는 사용기간이 경과됨에 따라 증가하는 경향이 있다(조성주 등, 2000). 따라서 본 연구에서는 매년 동일하게 수리비를 적용하는 분석과 함께 수리비가 선형적으로 증가하는 분석을 추가적으로 수행하였다. 이 때 수리비 총액은 정액법과 동일한 것으로 가정하였으며, 매년 1.1%의 증가율을 적용하였다.

3.2.3. 광열동력비

광열동력비는 농업용 연료의 가격과 사용량에 의해 결정된다.

〈표 3〉 농업용 난방기의 수리비 (단위: 천원/ha)

사용 기간	매년 동일		선형 증가	
	경유보일러	목재펠릿보일러	경유보일러	목재펠릿보일러
1년	2,400	9,000	436	1,636
2년	2,400	9,000	873	3,273
3년	2,400	9,000	1,309	4,909
4년	2,400	9,000	1,745	6,545
5년	2,400	9,000	2,182	8,182
6년	2,400	9,000	2,618	9,818
7년	2,400	9,000	3,055	11,455
8년	2,400	9,000	3,491	13,091
9년	2,400	9,000	3,927	14,727
10년	2,400	9,000	4,364	16,364
합계	24,000	90,000	24,000	90,000

주) 선형증가 수리비 = 목재펠릿보일러가격 x (사용년수 x 1.1%).

또한, 농업용 연료의 가격은 시장가격의 변동과 면세여부에 의해 영향을 받는다. 경유가격은 등락을 반복하고 있으며, 2015년 7월 1일부터 농업용 난방기에 대한 면세경유 공급이 중단되었다. 최근 5개년(2013년부터 2017년까지) 경유의 평균가격은 1,426원, 표준편차는 241원이었다(오피넷). 따라서 경유의 경우 1,200원/ℓ, 1,400원/ℓ, 1,600원/ℓ을 각각 적용하였다(표 4). 목재펠릿의 가격은 사용량의 증가와 높은 해외 의존도(97%)로 인해 지속적으로 상승할 것으로 기대된다. 산림청에서 제공하는 목재펠릿 가격은 400원/kg이다. 다만, 목재펠릿 가격상승에 대한 불안감을 반영하기 위하여(최칠구 등, 2015) 가격상승에 대한 민감도 분석을 통해 보수적으로 평가할 필요가 있다. 따라서 목재펠릿의 가격은 400원/kg, 500원/kg, 600원/kg을 적용하여 분석하였다(표 5).

농업용 연료의 사용량은 열량과 사용규모에 영향을 받는다. 경유의 발열량과 목재펠릿의 발열량은 단순 발열량을 기준으로 각각 4.5Mcal/kg, 9.0Mcal/ℓ를 적용하였다. 즉, 경우 1ℓ를 사용할 때 동일한 열량을 공급하기 위해 목재펠릿은 2kg이 필요하다. 농업용 연료의 사용량은 농기규모, 재배작목 등에 의해 차이가 발생한다. 박현태, & 김연중(2010)은 목재펠릿 사용량 400,191kg/ha를 기준으로 분석하였다. 양정수, & 윤성이(2013)는 작목(시설오이, 시설파프리카, 시설토마토 등)에 따라 목재펠릿 사용량 50,000kg/ha부터 218,180kg/ha를 기준으로 분석하였다. 본 연구는 선행연구에

〈표 4〉 경유보일러 광열동력비 (단위: 천원/ha)

		경유보일러		
가격		1,200원/ℓ	1,400원/ℓ	1,600원/ℓ
발열량		9Mcal/ℓ		
사용량	저	50,000ℓ		
	광열동력비	60,000	70,000	80,000
	중	100,000ℓ		
	광열동력비	120,000	140,000	160,000
	고	200,000ℓ		
	광열동력비	240,000	280,000	320,000

〈표 5〉 목재펠릿보일러 광열동력비 (단위: 천원/ha)

		목재펠릿 보일러		
가격		400원/kg	500원/kg	600원/kg
발열량		4.5Mcal/kg		
사용량	저	100,000kg		
	광열동력비	40,000	50,000	60,000
	중	200,000kg		
	광열동력비	80,000	100,000	120,000
	고	400,000kg		
	광열동력비	160,000	200,000	240,000

기초하여, 목재펠릿의 사용량이 최대 400,000kg임을 가정하여 분석하였으며, 50% 수준인 200,000kg와 25%수준인 100,000kg를 각각 분석하였다.

4. 연구결과

4.1. 대체가능성 분석

본 연구는 먼저 농업인이 일반적으로 직면하는 상황을 기초로 목재펠릿보일러의 대체가능성을 분석하였다. 그리고 기초시나리오를 바탕으로 보일러 구입비용, 수리비, 광열동력비 등 투입비용을 변화시키면서 대체가능성을 살펴보았다. 분석을 위한 기초시나리오의 내용은 다음과 같다. ha기준 목재펠릿보일러의 가격은 60,000천원(자부담 40%적용)이며, 수리비는 경유보일러의 경우 2,400천원, 목재펠릿보일러의 경우 9,000천원(각각 수리비계수 6%적용)이다. 경유보일러와 목재펠릿보일러의 광열동력비는 각각 140,000천원(100,000ℓ*1,400원/ℓ), 80,000천원(200,000kg*400원/kg)이다. 할인율은 3%를 적용하였다.

목재펠릿보일러의 대체가능성은 비용기준의 등가연금법을 통해 분석하였으며, 결과는 <표 6>과 같다. 구입시점을 기준으로 경유보일러의 비용기준 등가연금은 -147,089천원/ha이며, 목재펠릿보일러의 비용기준 등가연금은 자부담 40% 적용 시 -96,034천원/ha이다. 신규투자의 경우 목재펠릿보일러가 경유보일러보다 비용이 적게 소요되기 때문에 수익성이 있다고 할 수 있다.

경유보일러의 사용연수가 증가함에 따라, 즉 잔존기간이 감소함에 따라 비용기준 등가연금은 정액법의 경우 -147,024천원/ha

(잔존기간 9년) ~ -146,520천원/ha(잔존기간 1년), 정률법의 경우 -146,207천원/ha(잔존기간 9년) ~ -145,175천원/ha(잔존기간 1년), 매몰비용의 경우 -142,400천원/ha(전기간 동일)으로 계산되었다. 따라서 잔존기간에 관계없이 경유보일러를 목재펠릿보일러로 대체하는 것이 유리하다. 이와 같은 결과는 목재펠릿보일러의 가격이 경유 보일러의 가격보다 높지만 목재펠릿보일러의 광열동력비가 상대적으로 낮기 때문에 나타나는 현상이다.

4.2. 민감도 분석

목재펠릿보일러의 대체가능성은 다양한 측면에서 검토될 필요가 있다. 농업용 난방기에 대한 기술 및 정책의 변화, 유가변동 위험이 농업인의 대체투자 의사결정에 영향을 미치기 때문이다. 따라서 본 연구는 목재펠릿보일러 구입비용, 수리비, 광열동력비 등의 변화를 고려하여 민감도분석을 수행하였다.

4.2.1. 농업용난방기의 구입비용

목재펠릿보일러의 비용기준 등가연금은 자부담이 40%인 경우 -96,034천원/ha이며, 100%인 경우 -106,585천원/ha이다. 목재펠릿보일러의 비용기준 등가연금은 자부담이 증가할수록 감소하지만, 경유보일러의 등가연금보다는 항상 큰 것으로 나타났다(표 7). 이와 같은 현상은 경유보일러의 잔존기간에 관계없이 일관되게 나타난다. 따라서 농업인은 현 수준의 광열동력비를 가정할 때 경유보일러를 목재펠릿보일러로 대체하는 것이 유리하다고 할 수 있다.

4.2.2. 수리비

목재펠릿보일러는 초기 투자비용이 상대적으로 크다. 초기투자비용이 큰 경우 수리비 역시 많이 소요된다. 농업인은 목재펠릿보일러의 기술에 대한 불안정성과 높은 수리비를 대체투자 의사결정시 고려해야한다. 분석결과, 경유보일러의 비용기준 등가연금은 -146,983천원/ha(잔존기간 10년) ~ 147,139천원/ha(잔존기간 1년)으로 나타났으며, 목재펠릿보일러는 자부담 40% 부담시 -87,034천원/ha, 자부담 100%인 경우 -97,585천원/ha으로 나타났다(표 7). 수리비의 증가형태에 관계없이 경유보일러를 목재펠릿보일러로 대체하는 것이 유리하다고 할 수 있다. 경유보일러의 비용기준 등가연금이 수리비의 선형증가를 가정할 경우 전반적으로 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 수리비가 내용연수의 후반기

(표 6) 농업용 난방기의 등가연금 (단위: 천원/ha)

잔존기간	경유보일러			목재펠릿보일러
	정액법	정률법	매몰비용	
10년		-147,089		-96,034*
9년	-147,024	-146,207	-142,400	
8년	-146,959	-145,529	-142,400	
7년	-146,894	-145,012	-142,400	
6년	-146,830	-144,626	-142,400	
5년	-146,767	-144,351	-142,400	
4년	-146,704	-144,181	-142,400	
3년	-146,642	-144,135	-142,400	
2년	-146,581	-144,300	-142,400	
1년	-146,520	-145,175	-142,400	

* $EAA_j = NPV_j / ((1 - (1 + r)^{-N}) / r)$
 $= -819,188 / ((1 - (1 + 0.03)^{-10}) / 0.03)$

(표 7) 농업용 난방기의 수리비 변화에 따른 증가연금

(단위: 천원/ha)

잔존기간	수리비 매년 동일			수리비 선형 증가		
	경유보일러	목재펠릿보일러		경유보일러	목재펠릿보일러	
		자부담 40%	자부담 100%		자부담 40%	자부담 100%
10년	-147,089	-96,034	-106,585	-146,983	-87,034	-97,585
9년	-146,207			-146,339		
8년	-145,529			-145,898		
7년	-145,012			-145,615		
6년	-144,626			-145,461		
5년	-144,351			-145,416		
4년	-144,181			-145,474		
3년	-144,135			-145,653		
2년	-144,300			-146,042		
1년	-145,175			-147,139		

에 많이 발생함으로써 현재가치에 작게 반영된 결과이다.

4.2.3. 광열동력비

광열동력비는 지역이나, 시설형태에 따라 차이가 발생한다. 또한 총비용에서 차지하는 비중이 상대적으로 크기 때문에 에너지 가격이나 사용량에 따라 차이가 크게 발생한다.

에너지 사용량과 에너지 단가의 변화에 따른 비용기준 증가연금을 정리하면 <표 8>과 같다. 에너지 사용량과 에너지 가격이 증가할수록 비용기준 증가연금은 작아지는 것으로 나타났다. 잔존기간 5년, 경유단가 1,400원/ℓ을 기준으로 경유보일러의 ha당 비용기준 증가연금을 살펴보면, 에너지 사용량이 저수준일 경우 -74,351천원, 중수준일 경우 -144,351천원, 고수준일 경우 -284,351천원으로 분석되었다. 한편, 잔존기간 5년, 에너지 사용량이 중수준일 때, 경유보일러의 ha당 비용기준 증가연금은 경유 단가의 변화에 따라 각각 -124,351천원, -144,351천원, -164,351천원으로 분석되었다.

목재펠릿의 단가가 400원/kg일 때 목재펠릿보일러의 ha당 비용기준 증가연금은 에너지 사용량이 저수준일 때 -56,034천원(자부담 100%인 경우 -66,585천원), 중수준일 때 -96,034천원(-106,585천원), 고수준일 때 -176,034천원(-186,585천원)이다. 한편, 에너지 사용량이 중수준일 때 목재펠릿보일러의 ha당 비용기준 증가연금은 펠릿 단가의 변화에 따라 각각 -96,034천원(-106,585천원), -116,034천원(-126,585천원), -136,034천원(-146,585천원)으로 분석되었다. 에너지 사용량이 저수준일 때, 자부담 40%수준에서는 펠릿가격 500원/kg 대비 경유가격 1,200원/ℓ이 잔존기간 8년차부터 유리하다. 즉, 경유보일러를 2년 이상 사용한 경우 목재펠릿보

일러로 대체하지 않음을 시사한다. 이는 회수할 수 있는 경유보일러의 잔존가치가 감소하기 때문이다.

반면, 에너지시스템을 신규 설치하거나, 2년 미만으로 사용한 경우 목재펠릿보일러로 대체가 이루어진다. 이를 종합하면 2년 이상 경유보일러를 사용한 농업인은 경유보일러를 내용연수까지 모두 사용한 후 목재펠릿보일러로 대체하는 것이 적절하다. 자부담 100%수준에서는 펠릿가격 400원/kg 대비 경유가격 1,200원/ℓ이 잔존기간이 9년차부터 유리하고, 펠릿가격 500원/kg 대비 경유가격 1,400원/ℓ이, 펠릿가격 600원/kg 대비 경유가격 1,600원이 잔존기간 9년차부터 유리하다. 각각의 자부담 수준에서 경유가격의 유리성이 사라지면 경유보일러에서 목재펠릿보일러로 대체가 이루어진다.

에너지 사용량이 중수준일 때에도 에너지 사용량이 저수준일 때와 유사한 결과가 도출되지만 목재펠릿보일러의 유리성이 더 커진다. 자부담 40%수준에서는 펠릿가격 600원/kg 대비 경유가격 1,600원/ℓ이 잔존기간에 관계없이 유리하다. 자부담 100%수준에서는 펠릿가격 500원/kg 대비 경유가격 1,200원/ℓ이 잔존기간 9년차부터 유리하고, 펠릿가격 600원/kg 대비 경유가격 1,400원/ℓ이 잔존기간 9년차부터 유리하다. 에너지 사용량이 저수준일 때와 대비하여 목재펠릿보일러로의 대체가 더 빠르게 이루어진다.

에너지 사용량이 고수준일 때에는 목재펠릿보일러의 유리성이 더 커진다. 자부담 40%수준에서는 펠릿가격 600원/kg 대비 경유가격 1,200원/ℓ이 잔존기간에 관계없이 유리하다. 자부담 100%수준에서는 펠릿가격 600원/kg 대비 경유가격 1,200원/ℓ이 잔존기간에 관계없이 유리하다. 경유 사용량이 많은 시설농가들은 정부의 보조수준이 높지 않더라도 경유보일러를 목재펠릿보일러로 대체할 가능성이 그만큼 커진다는 것을 시사한다. 이상

(표 8) 농업용 난방기의 광열동력비 변화에 따른 등가연금

(단위: 천원/ha)

사용량	잔존기간	경유보일러			목재펠릿보일러		
		1,200원/ℓ	1,400원/ℓ	1,600원/ℓ	400원/kg	500원/kg	600원/kg
저	10년	-67,089	-77,089	-87,089	-56,034 (-66,585)	-66,034 (-76,585)	-76,034 (-86,585)
	9년	-66,207	-76,207	-86,207			
	8년	-65,529	-75,529	-85,529			
	7년	-65,012	-75,012	-85,012			
	6년	-64,626	-74,626	-84,626			
	5년	-64,351	-74,351	-84,351			
	4년	-64,181	-74,181	-84,181			
	3년	-64,135	-74,135	-84,135			
	2년	-64,300	-74,300	-84,300			
	1년	-65,175	-75,175	-85,175			
중	10년	-127,089	-147,089	-167,089	-96,034 (-106,585)	-116,034 (-126,585)	-136,034 (-146,585)
	9년	-126,207	-146,207	-166,207			
	8년	-125,529	-145,529	-165,529			
	7년	-125,012	-145,012	-165,012			
	6년	-124,626	-144,626	-164,626			
	5년	-124,351	-144,351	-164,351			
	4년	-124,181	-144,181	-164,181			
	3년	-124,135	-144,135	-164,135			
	2년	-124,300	-144,300	-164,300			
	1년	-125,175	-145,175	-165,175			
고	10년	-247,089	-287,089	-327,089	-176,034 (-186,585)	-216,034 (-226,585)	-256,034 (-266,585)
	9년	-246,207	-286,207	-326,207			
	8년	-245,529	-285,529	-325,529			
	7년	-245,012	-285,012	-325,012			
	6년	-244,626	-284,626	-324,626			
	5년	-244,351	-284,351	-324,351			
	4년	-244,181	-284,181	-324,181			
	3년	-244,135	-284,135	-324,135			
	2년	-244,300	-284,300	-324,300			
	1년	-245,175	-285,175	-325,175			

주: 목재펠릿의 ()는 자부담 100%인 경우 등가연금임.

정리하면 목재펠릿으로의 대체가능성은 경유사용량이 많을수록, 경유단가가 높을수록, 펠릿단가가 낮을수록 커진다. 한편, 경유보일러의 자산가치가 매몰화될 경우 목재펠릿보일러로의 대체투자 유리성이 감소한다. 회수할 수 있는 경유보일러의 잔존가치가 감소하기 때문이다. 그만큼 경유보일러의 사용기간이 길어진다고 할 수 있다.

에너지 사용량이 저수준일 때에는 정률법을 적용한 분석결과와 동일한 해석을 할 수 있다. 에너지 사용량이 저수준일 경우 자부담 40%수준에서는 펠릿가격 500원/kg 대비 경유가격 1,200원/ℓ이 이미 경유보일러가 설치된 경우 유리하고, 펠릿가격 600

원/kg 대비 경유가격 1,400원/ℓ이 이미 경유보일러가 설치된 경우 유리하다(표 9). 즉, 경유보일러를 이미 설치한 농업인은 경유보일러를 내용연수까지 모두 사용한 후 목재펠릿보일러로 대체하는 것이 적절하다.

자부담 100%수준에서는 펠릿가격 400원/kg 대비 경유가격 1,200원/ℓ이, 펠릿가격 500원/kg 대비 경유가격 1,400원/ℓ이, 펠릿가격 600원/kg 대비 경유가격 1,400원/ℓ이 경유보일러가 설치된 경우 유리하다. 에너지 사용량이 중수준일 경우 자부담 40%수준에서는 펠릿가격 600원/kg 대비 경유가격 1,200원/ℓ이 설치여부에 관계없이 유리하다. 자부담 100%수준에서는 펠릿가격 500

(표 9) 농업용 난방기의 광열동력비 변화에 따른 등가연금 - 경유보일러 매몰비용처리

(단위: 천원/ha)

	신규여부	경유보일러			목재펠릿보일러			
		1,200원/ℓ	1,400원/ℓ	1,600원/ℓ	400원/kg	500원/kg	600원/kg	
사용량	저	신규	-67,089	-77,089	-87,089	-56,034 (-66,585)	-66,034 (-76,585)	-76,034 (-86,585)
		매몰	-62,400	-72,400	-82,400			
	중	신규	-127,089	-147,089	-167,089	-96,034 (-106,585)	-116,034 (-126,585)	-136,034 (-146,585)
		매몰	-122,400	-142,400	-162,400			
	고	신규	-247,089	-287,089	-327,089	-176,034 (-186,585)	-216,034 (-226,585)	-256,034 (-266,585)
		매몰	-242,400	-282,400	-322,400			

주: 목재펠릿의 ()는 자부담 100%인 경우 등가연금임.

원/kg 대비 경유가격 1,200원/ℓ이, 펠릿가격 600원/kg 대비 경유 가격 1,400원/ℓ이 경유보일러가 설치된 경우 유리하다.

에너지 사용량이 고수준일 경우 자부담 40%, 100%수준에서 모두 펠릿가격 600원/kg 대비 경유가격 1,200원/ℓ이 설치여부에 관계없이 유리하다.

이상의 결과를 통해 경유보일러를 매몰비용 처리할 경우 경유 보일러가 유리한 경우가 많아짐을 볼 수 있다.

5. 결론

이 연구는 목재펠릿보일러 도입에 따른 시설과채농가의 대체 투자 가능성을 분석하였다. 대체투자분석은 신규투자분석처럼 상호배타적인 두 가지 투자대안을 분석하는 접근방법을 통해 이루어졌다. 또한, 배타적인 투자분석에서 문제가 되고 있는 내용연수의 불일치를 해소하기 위해 등가연금법을 이용하여 분석을 실시하였다. 분석 자료는 시설토마토, 시설파프리카, 시설오이 등 시설과채농가에서 사용하는 목재펠릿보일러를 가정하였다. 다만, 목재펠릿보일러의 도입이 기존 경유보일러에 비해 생산량이나 생산물의 가격에 큰 영향을 주지 않기 때문에 연차별 투입비용의 차이만을 반영하는 비용기준 등가연금을 비교하였다.

목재펠릿보일러의 대체가능성을 분석한 결과는 다음과 같다. 구입시점을 기준으로 경유보일러의 비용기준 등가연금은 -147,089천 원/ha이며, 목재펠릿보일러의 비용기준 등가연금은 자부담 40% 적용 시 -96,034천원/ha이다. 신규투자의 경우 목재펠릿보일러가 경유보일러보다 비용이 적게 소요되기 때문에 수익성이 있다고 할 수 있다. 경유보일러의 잔존기간별 비용기준 등가연금을 분석한 결과 역시 목재펠릿보일러가 경유보일러보다 비용이 적게 소요되는 것으로 분석되었다. 즉, 잔존기간에 관계없이 경유보일러를 목재펠릿보일러로 대체하는 것이 유리하다. 이와 같은 결과는

목재펠릿보일러의 가격이 경유 보일러의 가격보다 높지만 목재 펠릿보일러의 광열동력비가 상대적으로 작기 때문에 나타나는 현상이다.

목재펠릿보일러의 대체가능성에 대한 민감도 분석결과는 다음과 같다. 먼저, 목재펠릿의 자부담이 40%에서 100%로 증가하여도 목재펠릿보일러의 비용기준 등가연금은 경유보일러의 등가연금보다는 항상 큰 것으로 나타났다. 이와 같은 현상은 경유보일러의 잔존기간에 관계없이 일관되게 나타난다. 따라서 농업인은 현 수준의 광열동력비를 가정할 때 경유보일러를 목재펠릿보일러로 대체하는 것이 유리하다고 할 수 있다.

둘째, 수리비의 증가형태에 따른 민감도 분석결과, 증가형태에 관계없이 경유보일러를 목재펠릿보일러로 대체하는 것이 유리한 것으로 분석되었다. 다만, 경유보일러의 비용기준 등가연금이 수리비의 선형증가를 가정할 경우 전반적으로 증가하는 것으로 나타났다는데, 이는 수리비가 내용연수의 후반기에 많이 발생함으로써 수리비가 현재가치에 작게 반영된 결과이다.

셋째, 광열동력비에 따른 민감도 분석 결과 목재펠릿으로의 대체가능성은 경유사용량이 많을수록, 경유단가가 높을수록, 펠릿 단가가 낮을수록 커지는 것으로 분석되었다. 즉, 경유 사용량이 많은 시설농가들은 정부의 보조수준이 높지 않더라도 경유보일러를 목재펠릿보일러로 대체할 가능성이 그만큼 커진다는 것을 시사한다. 마지막으로, 경유보일러의 자산가치가 매몰화될 경우 목재펠릿보일러로의 대체투자 유리성은 감소하는 것으로 분석되었다. 이는 회수할 수 있는 경유보일러의 잔존가치가 감소하기 때문이다. 그만큼 경유보일러의 사용기간이 길어진다고 할 수 있다.

일부 민감도 분석에서 경유보일러를 이미 설치한 농업인은 경유보일러를 내용연수까지 모두 사용한 후 목재펠릿보일러로 대체하는 것이 적절한 것으로 분석되었다. 이상의 경제성 분석결과는 목재보일러의 경제적 우월성을 제시한 선행연구(박현태, & 김연중, 2010; 배정환, & 박철희, 2011; 양정수, & 윤성이, 2013)의

연구결과와 부합한다. 다만, 선행연구들은 전통적인 순현재가치 방법을 이용하였기 때문에 대안이 되고 있는 에너지시스템들을 신규 투자시점에서만 비교하였다는 한계가 있다.

본 연구는 신규투자가 아니라 농업현장에서 흔히 직면하는 대체투자를 다루었다는데 의의가 있다. 즉, 진존연수가 다른 에너지 시스템들에 대해 등가연금법이라는 배타적인 신규투자 분석방법을 적용하여 대체가능성을 분석하였다. 그 만큼 대체투자의 현실성과 등가연금법을 적용한 분석의 수월성을 확보하였다는 의의가 있다.

한편, 본 연구는 연료공급 및 청소의 불편함, 불확실한 A/S, 높은 초기비용 등 운용상의 문제점을 고려하지는 못하였다(최칠구 등, 2015). 최근, 새로운 기술이 수용되는 과정에서 기존 기술과의 비용차이 뿐만 아니라 사용용이성과 불확실성 기피현상이 중요한 문제로 논의 되고 있다(김덕현, 황인택, & 이승현, 2015; 김성섭 등, 2017; 정우석, 김성섭, & 서상택, 2018). 그럼에도 불구하고 본 연구의 분석결과는 목재펠릿보일러의 도입을 고려하고 있는 시설과채농가 및 현지 지도자들에게 필요한 경제적 의사결정에 도움을 줄 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. 김덕현, 황인택, & 이승현. (2015). 벼 농업인의 혁신기술 수용 및 저항 요인과 농식품 ICT 융복합사업 확산의도와 의 관계. *농촌지도와 개발*, 22(1), 43-54.
2. 김성섭, 정우석, 하지희, & 서상택. (2017). 벼 무논직파재 배기술 사용확산의 시스템 다이내믹스 동태분석. *농촌지도와 개발*, 24(2), 99-115.
3. 채중훈, 성방욱, & 송주창. (2011). *경영성과분석*. 수원: 농촌진흥청.
4. 배정환, & 박철희. (2011). 목재펠릿보일러의 상대적 경제성 분석. *산림과학 공동학술대회 경주교육문화회관*, 경주.
5. 박현태, & 김연중. (2010). *농업부문의 청정에너지 이용실태와 과제*. 서울: 한국농촌경제연구원.
6. 서상택, 김선웅, & 김관후. (2008). 인삼재배의 투자 수익성 분석. *농업경영·정책연구*, 35(1), 121-140.
7. 정우석, 김성섭, & 서상택. (2018). 논벼 농가의 재배기술 선택요인 분석. *농촌지도와 개발*, 25(1), 45-56.
8. 정우석, & 서상택. (2013). 식물흡연을 이용한 지열에너지 시스템의 투자 임계점 분석. *농업경영·정책연구*, 40(1), 130-147.

9. 조성주, 박평식, 서동균, & 안병렬. (2000). *벼농사용 주요 농기계 이용실태와 교체시기*. 수원: 농촌진흥청.
10. 양정수, & 윤성이. (2013). 목재펠릿 도입에 따른 시설재배의 경제적·환경적 타당성 분석. *한국유기농업학회지*, 21(3), 335-350.
11. 최칠구, 박주섭, 박승용, 배형호, & 이나라. (2015). *주요 시설원에 작물의 냉난방 및 보온형태별 경영실태 분석에 관한 연구*. 전주: 농촌진흥청.
12. Barry, P. J., & Ellinger, P. N. (2012). *Financial management in agriculture* (7 ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.
13. Block, S. B., & Hirt, G. A. (2008). *Foundations of financial management* (13 ed.). New York, NY: McGraw-Hill.
14. Bradford, G., & Reid, D. (1982). Theoretical and empirical problems in modeling optimal replacement of farm machines. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 14(1), 109-116.
15. Bringham, E. F., & Daves, P. R. (2007). *Intermediate financial management* (9 ed.). Mason, OH: Thomson/South-Western.
16. Chen, S. J., & Mayes, T. R. (2012). A note on capital budgeting: treating a replacement project as two mutually exclusive projects. *Journal of Financial Education*, 38 (1/2), 56-66.
17. Frasier, W. M., & Pfeiffer, G. H. (1994). Optimal replacement and management policies for beef cows. *American Journal of Agricultural Economics*, 76(4), 847-858.
18. Gitman, L. J. (2009). *Principles of managerial finance* (12 ed.). Boston, MA: Prentice Hall.
19. Ibendahl, G., Farrell, M. F., Spurlock, S., & Tack, J. (2014). Optimal replacement age of a conventional cotton harvester System. *Agricultural Finance Review*, 74(1), 2-16.
20. Perrin, R. K. (1972). Asset replacement principle. *American Journal of Agricultural Economics*, 54(1), 60-67.
21. Smith, V. H. (1990). The effects of changes in the tax structure on agricultural asset replacement. *Southern Journal of Agricultural Economics*, 22(1), 113-122.

Received 10 July 2018; Revised 12 August 2018; Accepted 09 September 2018



Dr. Seongsup Kim is a Postdoctoral Researcher at the Farm & Agribusiness Management Division in rural Development Administration, South Korea. His research interests are agricultural finance, farm management and crop insurance.

Address: (54875) Nongsangmyeong-ro, Deokjin-gu, Jeollabuk-do, South Korea.

E-mail) kss2486@korea.kr

Phone) 82-62-238-1199



Dr. Taehoo Kim is a Research Fellow at the Korea Rural Economic Institute, South Korea. His research interests are Crop Insurance and Risk Modeling.

Address: (58217) Korea Rural Economic Institute, Naju-si, Jeollanam-do, South Korea

E-mail) taehoo82@krei.re.kr

Phone) 82-61-820-2165



Dr. Sangtaek Seo is a Professor at the Department of Agricultural Economics, Chungbuk National University, South Korea. His research interests are agricultural finance, farm management and crop insurance.

Address: (28644) Chungdae-ro 1, Seowon-gu, Cheongju-si, South Korea.

E-mail) stseo@cbnu.ac.kr

Phone) 82-43-261-2590