

산지폐잔재의 현지 활용을 위한 한국형 조립식 탄화장치의 경제성분석

장 철 수*

한국농촌경제연구원 산림정책연구소

Economic Analysis of Korean-type Mobile Carbonization Apparatus for the Field Utilization of Logging Residues

Cheol-Su Chang*

Division of Forest Policy Research, Korea Rural Economic Institute, 4-102 Hoegi-dong, Dongdaemun-gu, Seoul, 130-710, Korea

ABSTRACT : This study was designed to analyze the economic efficiency that is needed to develop and make practical application of a mobile carbonization apparatus, which are able to make wood charcoals and pyrolygneous liquid at the logging field with debris. B/C ratio was employed to make an economic analysis, and sensitivity analysis with respect to change in price and interest rates also was made. Cylindrical type is the proper type for the mobile carbonization apparatus, when important factors such as handling capacity, a carbonization time, quality of products and assembling ability were considered. It weighs 400 kg, and a three-step fold-up equipment. The size of 2 (diameter) by 2.4 m (height) carbonization equipment required 1,500 kg wood debris per batch. A forty-eight to fifty-two carbonization time produced 300 kg of wood charcoal and 45 ℓ of pyrolygneous liquid. The average life span of the apparatus was 5 years. If the private enterprise operated 100 batch, 80 batch, and 70 batch with one apparatus, the B/C ratio of them was greater than 1, indicating that the production is economically feasible. The period to achieve a break-even point required to be 4 years in case of 100 and 80 batches to 5 years in case of 70 batch. But the private enterprises should operate at least two apparatus for the profits. Also, if the production was to be profitable, the prices of wood charcoals and pyrolygneous liquid should be at least 750 won per kg and 700 won per liter.

Keywords : Economic efficiency, Mobile carbonization apparatus, Pyrolygneous liquid, Sensitivity analysis, Break-even point

서 론

최근 산지가 녹화되고 숲이 울창해 지면서 산림을 자원화하여 국민적 수요에 탄력적으로 대처하기 위해 숲가꾸기 사업이 활성화되고 있다. 숲가꾸기사업의 활성화에 따라 대량의 소경목 및 불량목 등 산지(임지)폐잔재가 영림현장에서 발생되고 있다. 이러한 산지폐잔재는 불량목 자원일 뿐만 아니라 수집·하산·운반 등에 고비용이 소요되며 이를 활용할 수 있는 톱밥공장, 칩공장, 탄화공장 등은 대부분 임지에서 떨어져 있는 산록지대에 위치하고 있다. 이에 따라 도착원가가 높아져 경제적 이용이 어렵기 때문에 벌채업자

가 수집을 기피하여 임지에 폐기되고 있는 실정이다.

현재 국내 숲가꾸기사업을 포함한 각종 영림사업을 통해 수확한 원목의 경우 임목이용율은 매우 낮고 벌채원목의 조재율이 외국수준에 비해 크게 낮다. 주벌, 간벌, 수종갱신, 육림, 기타 산림보육작업 등 영림작업에서의 목재 이용율이 매우 낮아 매년 약 1,000천 m³이상의 목재가 산지폐잔재로 폐기되고 있는 실정이다. 원목조재율도 주벌재 0.85, 간벌재 0.6, 수종갱신·무육·천보·기타는 0.14에 불과하며 폐목재의 용도도 톱밥과 칩으로 국한되고 있다. 톱밥과 칩 제조 시설은 장치 산업적 형태로 동력을 필요로 하고 이동이 어려워 산지에서의 가공은 불가능한 실정이다. 특히 극소경

* Corresponding author: (E-mail) cschang01@hanmail.net

※ 이 연구는 2001.8.~2004.8까지 농림기술관리센터의 농림기술개발사업으로 진행된 과제(과제명: 산림내 폐잔재의 현지 활용을 위한 한국형 조립식탄화장치 기술개발 및 실용화연구)의 일부를 논문화한 것임.

목, 가지목과 단목 등 불량목의 경제적 이용방법 개발은 이루어지지 못하고 있는 실정이다.

영림작업현장에 버려지고 있는 불량 산지폐잔재를 현장에서 이용하여 고부가가치 제품인 목탄·목초액을 생산할 수 있다면 이는 산촌지역 농림가의 소득증대와 함께 우리나라 산지를 보다 풍요롭고 쾌적한 산림공간으로 조성하는데 일조하게 될 것이다.

지금까지 산지폐잔재의 현지 활용을 위한 연구는 거의 이루어지지 않았으며, 산지폐잔재의 활용과 관련한 연구로서는 장우환 등(2003)의 “산림유기자원을 활용한 산림자연퇴비의 실용화에 관한 연구”가 있다. 임업연구원(2000)은 폐목재 수집체계와 재활용실태를 파악하고 이들 폐목재의 수집체계를 개선하고 재활용을 촉진시키기 위한 방안으로 지방공기업형태의 폐목재 전문처리업체의 설립을 제시한 바 있다. 한편 목탄·목초액의 생산, 유통 및 제도와 관련된 연구로서는 석현덕 등(1998), 안경모(1998), 조성택(1998), 석현덕과 장철수(1999), 장철수와 석현덕(2001), 허장(2001)이 있다.

영림사업은 우리나라 모든 산지에서 널리 시행되고 있다. 산지폐잔재의 적극적인 활용은 목재자원의 이용율을 제고시킬 뿐만 아니라 임업소득을 높여 낙후된 산촌지역의 지역 발전에 기여하게 되는 등 경제적 파급효과가 매우 클 것으로 생각된다. 이 연구는 산지에서 용이하게 설치·운영하고 해체하여 타 작업장으로 이동·재조립하여 산림현장에서 발생한 산지폐잔재로 목탄과 목초액을 생산할 수 있는 한국형 이동식 조립식 탄화장치의 개발 및 보급을 위해 필요한 경제성을 분석하여 제시하는데 목적이 있다.

재료 및 방법

조립식 탄화장치의 기본 요건

이 연구에서 추구하는 조립식 탄화장치의 기본요건은 첫

째, 소경목, 가지목, 불량목의 효율적인 탄화, 둘째, 한국의 수종, 영림현장에 적합해야 하며, 셋째, 영림현장을 따라 이설할 수 있는 이동식·조립식 장치이어야 하며, 넷째, 무동력장치로서 해체, 이동, 재조립과 운전이 간편해야 하고, 다섯째, 생산되는 목탄·목초액의 품질과 수율이 적정수준을 유지해야 하며, 여섯째, 시설비는 최소로 투자비 부담을 극소화해야 한다.

장치의 기술적 특성

개발하고자 하는 한국형 이동식 조립식 탄화장치의 기술적 특성을 검토한 결과 첫째, 산지폐잔재를 영림현장에서 직접탄화 → 폐쇄시스템(Closed System)으로 한다. 둘째, 이동식·조립식으로 이설이 용이한 장치 → 운반단위로 분해·조립해야 한다. 셋째, 착화와 탄화시간을 단축하고 조절하는 기능을 확보해야 한다. 즉, 덮개와 통풍구의 풍량조절 장치를 설치하여, 착화시간은 1~2 시간, 탄화시간은 18~34 시간을 목표로 한다. 넷째, 목탄과 목초액의 품질관리를 철저히 하기 위해 디지털온도계를 설치하고 탄화온도 및 목초액 채취온도를 조절한다. 다섯째, 무동력으로 설치장소의 제약이 없는 장치이어야 한다. 여섯째, 운전은 간편하게 생력화를 도모해야 한다.

조립식 탄화장치의 모델 설정

우리나라 산지폐잔재의 성상과 특성 그리고 간이탄화법의 특성상 장치의 규모는 많은 제약을 받으나 조사된 기술자료와 간이시험결과를 검토하여 결정하였다. 일본, 브라질 등 해외에서 일부 활용되고 있는 이동식 간이탄화로에 대해 이동식탄화설비를 검토하고 기술적 자료와 함께 장치의 이동성, 편의성, 생산능력과 제품의 품질 등을 고려하였다.

검토 결과 원통형탄화장치가 한국형 조립식 탄화장치 모델로서 적합한 것으로 판단하였다. 철판 조립식 탄화장치는

표 1. 각종 이동식 간이탄화로의 형태별 처리능력과 특성 비교

| 장치 | 항목 | 처리능력(kg/B) | 총탄화시간(시간) | 목탄품질 | 산지에서 조립가능성 | 특징 |
|---------|----|------------|-----------|------|------------|---------------|
| 조립식 O자형 | | 200 | 24~30 | 중 | × | 고정식 |
| 가반식 | | 200~300 | 40~45 | 중 | × | 평지에서 이동성양호 |
| 드럼통 | | 30~50 | 20~24 | 하 | ○ | 간이·취미용 |
| 소형원통형 | | 300~500 | 24~36 | 중 | ◎ | 이동성우수 |
| 철판조립식 | | 300~800 | 28~40 | 상 | ◎ | 현장작업수반 용량증대가능 |

중·대정목이나 소나무선충 피해목의 처리에 합당하지만 과다한 현장작업이 수반되고 임지현장의 폐잔재인 소경목의 탄화에는 부적합하다. 반면 원통형탄화장치의 경우 장치의 구성요소를 최소단위로 설계하여 이동성과 작업의 편의성을 향상시킬 수 있으며, 장치의 크기를 조절하여 탄화능력을 증대할 수 있다. 또한 탄화조건을 조절하여 생성물의 품질수준을 확보할 수 있는 장점이 있으며, 점화·착화방식을 개방방식(Open System)에서 폐쇄방식(Closed System)으로 개선하여 탄화조건을 향상하고 화재를 예방할 수 있다.

원통형탄화장치의 규모

한국형 조립식 탄화장치의 개발에 있어 규모와 관련한 기본기술사양을 검토하기 위하여 소형의 간이식 원통형 탄화로를 제작하여 시험을 하였다. 간이시험에서는 이동식탄화장치의 구조와 적정규모, 적정탄화방법과 탄화조건, 점화방식의 연구, 작업공정과 화재방지방안, 탄화소요시간과 생산품 품질수준 등을 검토하였다.

표 2는 탄화조건에 따른 원통형탄화장치의 적정 규모를 나타낸 것이다. 소형 원통형 탄화장치는 하단 직경 70 cm, 높이 1.1 m, 중량 50 kg, 1회 원목투입량은 50~60 kg, 제탄량은 7~10 kg 정도이다. 중형장치는 하단 직경 1.2 m, 높이 1.7 m, 중량 120 kg, 1회 원목투입량은 400~500 kg, 제탄량은 45~80 kg 정도이다. 대형장치는 하단 직경 2 m, 높이 2.4 m, 중량 200 kg, 1회 원목투입량은 1.4~1.5톤, 제탄량은 200~300 kg 정도이다.

소규모장치의 경우 가정 또는 취미활동에서 이용할 수 있는 설비이고, 중형은 과수원이나 농장 등 소량의 폐목재가 발생하는 곳에서 활용할 수 있을 것이며, 대형은 산지폐잔재의 대량처리가 가능해 어느 정도의 경제성을 확보할 수 있을 것으로 생각된다.

원통형 조립식탄화장치의 구성 및 제작원가 추정

원통형 조립식탄화장치는 상·중·하단 및 덮개(점화구)로

표 2. 원통형 탄화장치의 탄화조건별 적정규모

| 구 모 | 소 형 | 중 형 | 대 형 |
|-----------|-------|---------|-------------|
| 하단 직경(mm) | 700 | 1,200 | 2,000 |
| 높 이(mm) | 1,100 | 1,700 | 2,400 |
| 로 중 량(kg) | 50 | 120 | 200 |
| 원목투입량(kg) | 50~60 | 400~500 | 1,400~1,500 |
| 제 탄 량(kg) | 7~10 | 45~80 | 200~300 |

구성되어 있으며, 그림에서 보는 바와 같이 조립, 이동, 해체에 편리하게 되어 있다. 개별중량은 로본체 덮개가 65 kg로 최대이며 나머지는 모두 45 kg이하로 인력으로 조작이 가능하다. 상세한 내용은 장철수 등(2004)의 연구논문에 수록 되어 있다.

목탄·목초액을 생산하는 조립식 탄화장치의 규모는 생산 규모와 사용원료의 형태에 따라 차이가 있다. 얼마나 많은 량의 목탄과 목초액을 생산할 것인지, 원목을 사용할 것인지 칩의 형태로 사용할 것인지 등에 따라 달라진다. 또한 조립식 탄화장치(로)에 의한 목탄과 목초액의 생성량과 품질은 수중에 따라 차이가 있으며 총 탄화소요 시간도 수종과 원료목의 함수율에 따라 변동이 있다. 여기서는 사용원료의 경우 산림작업이 이루어지는 산지근처에서 제탄작업을 하게 됨으로 원목을 사용하는 것으로 가정하였다. 제작원가는 제작단위수량이나 원자재가격과 노임변동에 따라 차이가 있으나 원통형 조립식탄화로 10기 제작조건과 노임 및 물가기준으로 표준제작 원가를 추정하였다. 그리고 탄화로 시제품의 시험운전결과를 바탕으로 제작원가를 추정하였다.

조립식 탄화장치의 중량은 이동의 용이성, 조립의 간편성 등을 고려하여 최대중량을 400 kg, 바닥 $\Phi 2,000 \times$ 높이 2,400 mm로 3단으로 분리·조립하도록 하였다. 이에 따라 1회 탄재량은 참나무 1,500 kg, 총탄화시간은 48~52시간이 소요되며, 목탄생산량은 300 kg으로 수탄율은 약 20%, 목초액의 채취량은 45 ℓ로 채취율은 약 30 ℓ/톤 정도이다.

이와 같은 탄화조건 등을 고려했을 때 조립식 탄화장치의 제작 원가는 19백만 원(VAT제외)정도인 것으로 나타났으나, 향후 한국형 이동식탄화로가 보급되어 제작수량이 증가되면 상대적으로 원가는 낮아질 것이다.

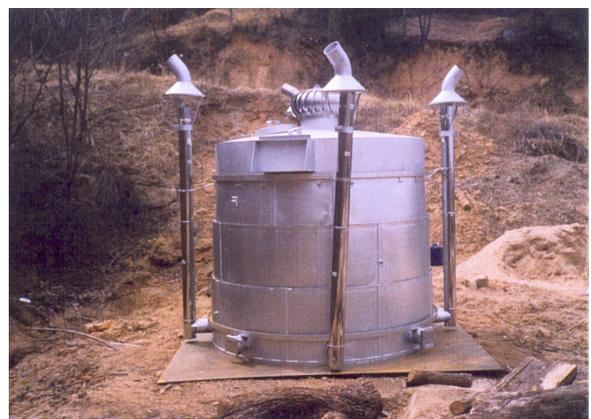


그림 1. 조립완성된 탄화장치.

결 과

설비대수/운전회수를 기준으로 한 원가추정

조립식 탄화장치에의 수익성 분석을 위해 먼저 추정원가를 검토하였다. 즉 기본으로 1대를 설치하여 연간 100회 (Batch) 가동기준으로 1회 운전회수 당 원가를 계산하였다. 원가 계산을 위한 기본 전제는 앞서 언급한 조립식 탄화장치의 기본설계와 생성제품의 품질과 양을 가지고 설정하였다. 즉 표 3에서 보듯이 적정탄화시간은 3일, 1 Batch 당 소

요원료는 1.5 톤, 생성제품은 목탄 300 kg, 목초액 45 ℓ 가 생산되는 것으로 가정하였다.

그러나 실제가동에 있어서는 기상조건과 현장사정, 가동 가능일수의 변동에 따라 운전회수가 가변적이므로 운전회수를 100 Batch(300일/년), 80 Batch(240일/년)와 70 Batch (210일/년)의 세 가지 경우로 나누어 대안별로 검토하였다.

표 5에서 보듯이 1대를 설치하여 가동할 경우 1 Batch당 추정원가는 재료비, 노무비, 경비(포장재료비+감가상각비)를 포함하여 221천원 정도인 것으로 나타났다. 여기서 탄화를 위한 원료 전처리비와 탄화인건비를 합하여 전체 인건비

표 3. 조립식 탄화로의 제원과 생성 제품

| 조립식 탄화로의 제원 | 생성 제품 |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> · 품 명 : 한국형 조립식 탄화로 · 형 식 : 원통대형, 3단 조립식 · 총중량 : 약 400(kg) · 제 원 : 바닥 $\Phi 2,000 \times$ 높이 2,400 | <ul style="list-style-type: none"> · 수 종 : 참나무, 수분율: 약 35(%) · 1회 탄재량, 탄화시간 : 1,500(kg), 48~52시간 · 목 탄 생 산 량 : 300(kg), <수탄율 : 약 20(%)> · 목초액 채취량 : 45(ℓ), <채취율 : 약 30(ℓ/톤)> |

표 4. 조립식 탄화장치 제작 원가계산서

단위 : 원

| 기호 | 품 명 | 수 량 | 재료비 | 제작공임 | 계 | 비 고 |
|-----|--------------|-----|-----------|-----------|------------|----------|
| 1 | 로본체 | 1식 | 4,700,000 | 6,120,000 | 10,820,000 | SUS 304 |
| 2 | 보온 Cover | 1식 | 500,000 | 480,000 | 980,000 | SUS 304 |
| 3 | Bottom Plate | 1 | 400,000 | 400,000 | 800,000 | SUS 304 |
| 4 | 연 돌 | 4 | 400,000 | 420,000 | 820,000 | SUS 304 |
| 5 | 채취장치 | 4 | 800,000 | 860,000 | 1,660,000 | SUS 304 |
| 6 | 냉각관 | 4개 | 120,000 | 200,000 | 320,000 | A ℓ Foil |
| 7 | 부속부품 | 1식 | 400,000 | - | 400,000 | |
| 8 | 잡소모품 | 1식 | 200,000 | - | 200,000 | |
| 소 계 | | | 7,520,000 | 8,480,000 | 16,000,000 | |
| 9 | 기타잡비 | | | | 1,400,000 | |
| 10 | 관리비 | | | | 1,600,000 | |
| 합 계 | | | | | 19,000,000 | |

표 5. 1 Batch 당 추정원가

| 과목 | 비 목 | 수 량 | 단 가(원) | 금 액(원) | 비 고 |
|-----|---------|----------|--------|---------|-----------------------------------|
| 재료비 | 원료 전처리비 | 0.5(m/d) | 50,000 | 25,000 | 폐재 1,500(kg) 전처리 인건비 |
| 노무비 | 탄화 인건비 | 3(m/d) | 50,000 | 150,000 | |
| 경 비 | 포장재료비 | | | 8,000 | 숯 : 6매 × W500 목초 : 2통 × W2,500 |
| | 감가상각비 | | | 38,000 | |
| 합 계 | | | | 221,000 | |

주: ① 탄화소요 인력 = 원료투입 : 2인×0.25 = 0.5(인/일), 탄화 : 1인×2 = 2(인/일), 취출 : 2인×0.25 = 0.5(인/일) 등을 합하여 계산하였음. = 3(인/일)

② 감가상각비 : 설비비(19,000,000원)을 연간 100회 기준으로 하여 감가상각 기간인 총 5년간(500batches)으로 나누어 계산하였음 = 38,000(원)

가 원가의 약 80%를 차지하게 된다. 처리 가능한 폐목재량도 1.5(톤/B)로 목탄·목초액의 생산량도 적어 수익성 확보가 어려우므로 같은 영립현장에 2대 또는 3대를 설치하여 가동하게 되면 인건비 절감이 이루어질 수 있다.

따라서 가동대수를 1대~2대 가동시와 운전회수를 100(회/년), 80(회/년)과 70(회/년)의 경우에 대한 결과는 표 6과 같다. 표에서 보는바와 같이 가동대수와 운전회수를 늘리면 단위 제조원가를 크게 낮출 수 있다. 예를 들어 1대를 설치하여 연간 100 Batch를 운용할 경우 Batch당 원가는 221천원이나 2대를 설치하여 200Batch를 운용할 경우 Batch당 원가는 146천원으로 1대를 설치했을 때에 비해 원가는 약 34%가 절약된다. 또한 2대를 설치하여 연간 총

160 Batch를 운용할 경우 즉, <Case 2, S4>에는 Batch당 155천원으로 기본 1대를 설치했을 때보다 생산원가에 있어 약 29.6%를 절감할 수 있는 것으로 나타났다.

원가방식에 의한 수익성 검토

기대수익에 대한 검토에 있어 생산품 판매단가는 농업용 및 수질정화용 목탄과 조목초액으로 시중 가격보다 낮게 책정하였다. 즉 목탄의 시중가는 1,000~1,500원/kg, 목초액은 2,000~2,800원/ℓ 정도이다. 이와 같은 경우 분말형태나 또는 정제된 목초액의 시중가를 의미한다. 그러나 여기서는 산지폐잔재가 발생하는 산지에서 목탄·목초액을 생산하게

표 6. 설비대수/운전회수를 기준으로 한 원가추정

| 연간가동가능일수기준 | | | Case 1(300일) | | Case 2(240일) | | Case 3(210일) | |
|------------------|-----------|---------|--------------|---------|--------------|---------|--------------|---------|
| Case Number | | | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | S6 |
| 가동대수(대) | | | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 운전 Batch 수 | | | 100 | 200 | 80 | 160 | 70 | 140 |
| 추정원가 | | | | | | | | |
| 재료비 | 원료 처리비 | 수량(m/d) | 50 | 100 | 40 | 80 | 35 | 70 |
| | | 단가(원) | 50,000 | | | | | |
| | | 금액(천원) | 2,500 | 5,000 | 2,000 | 4,000 | 1,750 | 3,500 |
| 노무비 | 탄화 인건비 | 수량(m/d) | 300 | 300 | 240 | 240 | 210 | 210 |
| | | 단가(원) | 50,000 | | | | | |
| | | 금액(천원) | 15,000 | 15,000 | 12,000 | 12,000 | 10,500 | 10,500 |
| 경비 | 포장재료비(천원) | | 800 | 1,600 | 640 | 1,280 | 560 | 1,120 |
| | 감가상각비(천원) | | 3,800 | 7,600 | 3,800 | 7,600 | 3,800 | 7,600 |
| 합 계(천원) | | | 22,100 | 29,200 | 18,440 | 24,880 | 16,610 | 22,720 |
| Batch당 제조원가(원/B) | | | 221,000 | 146,000 | 236,428 | 155,500 | 237,300 | 162,300 |
| Case별 원가비교(%) | | | 100 | 66 | 107.0 | 70.4 | 107.4 | 73.4 |

표 7. 1Batch 당 예상 수익

| 과 목 | 수 량 | 단 가(원) | 금 액(원) | 비 고 |
|-----------|---------|--------|-----------|----------------|
| ○ 수입 | | | | |
| - 목탄판매수입 | 300(kg) | 750 | 225,000 | 농업용 수질정화용 |
| - 목초액판매수입 | 45(ℓ) | 700 | 31,500 | |
| 소 계 | | | (256,500) | |
| ○ 지 출 | | | | |
| - 제조비 | | | 221,000 | (제조원가) 판매제비 |
| - 기타비용 | | | 10,000 | |
| 소 계 | | | (231,000) | |
| ○ 수지 | | | | |
| - 잉여금 | | | W 25,500 | |

됨으로 분말형태나 또는 정제된 목초액이 아니라 정제되지 않은 상태의 목탄과 조목초액이 생산된다. 정제상태의 제품을 생산하기 위해서는 이에 필요한 장비의 구입 및 설치, 노동력 등 추가적인 비용이 소요된다. 그러므로 이러한 점들을 고려하여 여기서는 목탄은 750원/kg, 목초액은 700원/ℓ로 시중가보다 훨씬 낮은 가격을 적용하였다.

표 8에서 보는 바와 같이 1대를 설치·운전하는 경우는 수익성의 확보가 어려우며 2대를 설치·운전시에는 어느 경우에서나 수익성이 있다고 판단된다. 물론 1대를 설치하여 운전할 경우 100 Batch를 기준으로 연간 2,550천원의 순수익이 발생하여 설비비대비 13.4%의 수익률이 발생함으로 적자는 발생하지 않는다. 그러나 연간 이 정도의 순수익을 위해 기계를 구입하여 사업을 하기는 대단히 어렵다고 할 수 있다. 2대 설치의 경우 운전회수 200(B/년)에는 설비비 대비 52.9%의 수익률을 보이고 있다.

즉 연간 20,100천원의 순수익을 올릴 수 있고, 1대를 구입하여 운용했을 때보다 훨씬 높은 순수익을 기대할 수 있어 사업성을 고려하면 적어도 2대 정도를 동시에 운용할 필요가 있을 것이다. 운전회수를 100(B/년)에서 80(B/년), 그리고 70(B/년)으로 낮출 경우 연간 순수익은 1,280천원, 645천원으로 수익률은 각각 6.7%와 3.4%로 낮아진다. 2대를 설치하고 운전회수를 동일하게 낮출 경우 연간 순수익은 14,560천원, 11,810천원이 발생하여 설비비대비 수익률은 38.3%, 31%를 보이고 있다.

재무 분석(B/C ratio)에 의한 수익성 분석

투자사업의 경제성분석은 일정한 위험 하에서 투자에 대한 가장 높은 수익을 얻을 수 있는 자본투자계획을 채택하는 것이다. 투자대안에 대한 경제성 분석을 위해 많이 사용되는 분석지표로서는 순현재가치(Net Present Value; NPV), 비용·편익비율(Benefit/Cost Ratio; B/C율), 내부투자수익률(Internal Rate of Return; IRR) 등을 들 수 있다. 여기서는 B/C율로 경제성을 검토하였다. 즉 편익의 현재가치 합계를 비용의 현재가치 합계로 나눈 것으로 다음과 같이 계산된다.

$$B/C \text{ Ratio} = \frac{\sum PVB_t}{\sum PVC_t} \quad (1)$$

단,

$$\sum PVB_t = \sum_{t=0}^n B_t / (1+r)^t$$

$$\sum PVC_t = \sum_{t=0}^n C_t / (1+r)^t$$

여기서 $\sum PVB_t$ 는 편익의 현재가치 합계, $\sum PVC_t$ 는 비용의 현재가치 합계, B는 편익, C는 비용, r은 이자율, t는 시간 또는 년수 등을 의미한다.

투자사업의 손익분기점은 B/C율이 1일 때이다. 즉 사업 수행에 있어 비용의 현재가치합계와 편익의 현재가치의 합계가 같은 점이므로 손해도 이익도 없다. 따라서 1보다 클

표 8. 설비대수/운전회수를 기준으로 추정된 수익성

단위 : 천원

| 연간가동가능일수 기준 Case Number | Case 1(300일) | | Case 2(240일) | | Case 3(210일) | |
|----------------------------|--------------|--------|--------------|--------|--------------|--------|
| | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | S6 |
| 가동대수(대) | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 운전 Batch 수 | 100 | 200 | 80 | 160 | 70 | 140 |
| ○ 수입 | | | | | | |
| - 목탄판매수입 | 22,500 | 45,000 | 18,000 | 36,000 | 15,750 | 31,500 |
| - 목초액판매수입 | 3,150 | 6,300 | 2,520 | 5,040 | 2,205 | 4,410 |
| 소 계(천원) | 25,650 | 51,300 | 20,520 | 41,040 | 17,955 | 35,910 |
| ○ 지출 | | | | | | |
| - 제조비 | 22,100 | 29,200 | 18,440 | 24,880 | 16,610 | 22,700 |
| - 판매제비 | 1,000 | 2,000 | 800 | 1,600 | 700 | 1,400 |
| 소 계(천원) | 23,100 | 31,200 | 19,240 | 26,480 | 17,310 | 24,100 |
| ○ 수지 | | | | | | |
| - 잉여금(천원) | 2,550 | 20,100 | 1,280 | 14,560 | 645 | 11,810 |
| 설비비대비 수익률(%) | 13.4 | 52.9 | 6.7 | 38.3 | 3.4 | 31.0 |

경우 투자사업의 타당성이 있게 되며, 1보다 작으면 손해를 보게 됨으로 투자사업의 타당성이 없다고 할 수 있다. 즉

$B/C\text{율이} > 1 \Rightarrow$ 사업에 따른 이윤이 발생함으로 그 사업을 시행한다

$B/C\text{율이} < 1 \Rightarrow$ 사업에 따른 이윤이 발생하지 않음으로 그 사업을 시행하지 않는다

재무분석에 의한 수익성을 검토하기 위해 원가 계산내용을 기초로 분석을 시도하였다. 즉 1대당 조립식 탄화장치의 가격은 19백만원, 생성되는 제품의 량은 목탄 300 kg, 목초액 45 ℓ이며, 기계장치의 내구연한은 5년, 생성제품의 가격은 목탄은 750(원/kg), 목초액은 700(원/ℓ)으로 하였다.

원가방식에 의한 수익성분석에서는 기계장치에 대한 것을 경비내에 감가상각비로 하여 매Batch마다 포함하여 처리하였으나 재무분석의 경우 이 부분은 구입비용 즉 초기 투자비용이 된다. 그러므로 투자에 대한 이자율을 고려해야 한다. 여기서는 이자율을 정책자금 이자율과 동일한 수준인 4%로 가정하였다. 분석을 위해 조립식 탄화장치 1대와 Batch를 100회 기준으로 하였다. 그리고 감응도분석을 위해 Batch를 100회(300일), 80회(240일), 70회(210일)로 달리하였고 또한 조립식 탄화장치를 2대로 늘이고 Batch를

달리하여 운용할 경우와 목탄·목초액 가격과 이자율의 변화에 따른 B/C율의 변화 등을 살펴보았다.

분석결과(그림 2 및 표 9) 조립식 탄화장치 1대를 구입하여 100회 즉 300일을 가동하였을 경우 5년간 순수익 현재 가치는 10,399,835원이며, 3년차까지는 초기투자비용 즉 조립식 탄화장치의 구입비가 크기 때문에 순수익은 마이너스이고 4년째에 순수익은 4,971,828원이 발생하며, B/C율은 1.1이 된다. 80회(240일)는 4년째 순수익이 연 177,462원이 발생하며, B/C율은 1.05, 그리고 70회(210일)를 가동할 경우 5년째 순수익이 1,579,884원이 발생하며, B/C율은 1.02이다. 어느 경우이든 B/C율이 1보다 크기 때문에 투자에 대한 경제성이 있다고 할 수 있다.

그러나 조립식 탄화장치를 1대 구입하여 사업을 할 경우 연간 80회와 70회를 가동하면 순수익은 4년과 5년에 각각 발생하나 순수익이 작아 사업규모로서는 적당치 않다. 따라서 그림 3 및 표 10에서 보듯이 조립식 탄화장치를 2대 설치하여 Batch를 달리할 경우 2년부터 순수익이 발생하고 있고, 연간 70회를 가동하더라도 3년부터 순수익이 17,961,376원이 발생하고 있어 사업규모로서는 최소 2대 정도가 필요할 것으로 판단된다.

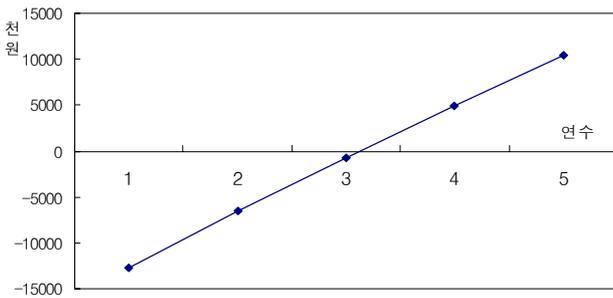


그림 2. 조립식 탄화장치 1대를 운용시 100 Batch 누적이익의 흐름.

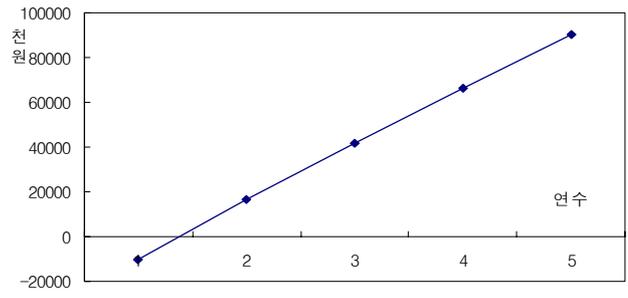


그림 3. 조립식 탄화장치 2대 운용시 100 Batch 누적이익의 흐름.

표 9. 조립식 탄화장치 1대 운용시 Batch별 누적수익 현재가치의 흐름, B/C Ratio, 손익분기점 단위: 원

| Batch | 1년 | 2년 | 3년 | 4년 | 5년 | B/C Ratio | 손익분기연수(년) |
|-------|-------------|-------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| 100 | -12,650,000 | -6,544,230 | -673,299 | 4,971,828 | 10,399,835 | 1.10 | 4 |
| 80 | -13,920,000 | -9,035,385 | -4,338,639 | 177,462 | 4,519,867 | 1.05 | 4 |
| 70 | -14,555,000 | -10,280,912 | -6,171,309 | -2,219,720 | 1,579,884 | 1.02 | 5 |

표 10. 조립식 탄화장치 2대 운용시 Batch별 누적수익 현재가치의 흐름, B/C Ratio, 손익분기점 단위: 원

| Batch | 1년 | 2년 | 3년 | 4년 | 5년 | B/C Ratio | 손익분기연수(년) |
|-------|-------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| 100 | -10,300,000 | 16,334,615 | 41,944,822 | 66,570,021 | 90,248,097 | 1.61 | 2 |
| 80 | -15,840,000 | 5,467,692 | 25,955,858 | 45,656,017 | 64,598,478 | 1.52 | 2 |
| 70 | -18,610,000 | 34,230 | 17,961,376 | 35,199,015 | 51,773,668 | 1.45 | 2 |

표 11. 조립식 탄화장치 1대 운용시 목탄·목초액의 가격변화에 따른 감응도 분석

단위: 원, 년

| 구분 | 100 Batch | | | 80 Batch | | | 70 Batch | | |
|-----|-----------|------------|-------|----------|------------|-------|----------|------------|-------|
| | B/C율 | 누적수익 현재가치 | 손익분기점 | B/C율 | 누적수익 현재가치 | 손익분기점 | B/C율 | 누적수익 현재가치 | 손익분기점 |
| S 1 | 1.03 | 3,454,981 | 5 | 0.99 | -1,036,006 | >5 | 0.96 | -3,281,506 | >5 |
| S 2 | 1.16 | 17,344,677 | 3 | 1.11 | 10,075,742 | 4 | 1.08 | 6,441,274 | 4 |
| S 3 | 1.11 | 11,441,561 | 4 | 1.06 | 5,353,249 | 4 | 1.03 | 2,309,093 | 5 |
| S 4 | 1.12 | 12,483,288 | 3 | 1.07 | 6,186,630 | 4 | 1.04 | 3,038,301 | 5 |
| S 5 | 1.18 | 19,428,130 | 3 | 1.13 | 11,742,504 | 3 | 1.10 | 7,899,691 | 4 |

주: 감응도 분석을 위한 시나리오의 기본 단위는 목탄은 kg당, 목초액은 ℓ 당으로 S1은 목탄 750원, 목초액 700원, S2는 목탄 800원, 목초액 700원, S3은 목탄 750원, 목초액 750원, S4는 목탄 750원, 목초액 800원, S5는 목탄·목초액 모두 800원을 가정하였음.

표 12. 조립식 탄화장치 1대 운용시 이자율의 변화에 따른 감응도 분석

단위: 원, 년

| 이자율 | 100 Batch | | | 80 Batch | | | 70 Batch | | |
|-----|-----------|------------|-------|----------|-----------|-------|----------|-----------|-------|
| | B/C율 | 누적수익 현재가치 | 손익분기점 | B/C율 | 누적수익 현재가치 | 손익분기점 | B/C율 | 누적수익 현재가치 | 손익분기점 |
| 3% | 1.10 | 10,953,575 | 4 | 1.05 | 4,962,859 | 4 | 1.02 | 1,967,502 | 5 |
| 5% | 1.09 | 9,866,785 | 4 | 1.05 | 4,093,428 | 5 | 1.02 | 1,206,749 | 5 |
| 6% | 1.09 | 9,353,420 | 4 | 1.04 | 3,682,736 | 5 | 1.01 | 847,394 | 5 |

한편 목탄·목초액의 가격변화 및 이자율에 따른 감응도 분석결과를 살펴보면(표 11과 표 12), 먼저 1대의 탄화장치를 구입하여 운용할 경우 목탄·목초액의 가격이 목탄 kg당 750원, 목초액 ℓ 당 700원보다 그 이하로 내려가게 되면 사업의 타당성은 없는 것으로 나타났다. 즉 목초액의 가격은 그대로 유지하고 목탄의 가격을 kg당 50원이 낮은 700원을 가정하면 연간 100회(300일)가동의 경우에만 B/C율이 1.03, 5년간 누적수익의 현재가치가 3,454,981원이 발생하여 수익성이 있고 가동 수가 낮아지면 적자가 발생하게 된다.

이자율의 변화(3~6%)에 따른 Batch별 B/C율은 모두 1보다 크므로 수익성이 있으나 이자율이 높고 Batch수가 작을수록 누적수익의 현재가치는 작아진다. 그러므로 이자율이 높을 경우 사업의 타당성 확보를 위해서는 Batch수를 높이고 운용대수를 증가시켜야 할 것이다.

고 찰

이상의 결과를 요약해 보면 산지폐잔재를 현지에서 활용하여 목탄·목초액을 생산하는 이동식 조립식 탄화장치로서는 원통형탄화장치가 우리나라 실정에 적합한 것으로 나타났다. 왜냐하면 장치의 구성요소를 최소단위로 설계하여 이동성과 작업의 편의성을 향상 시킬 수 있으며, 장치의 크기

를 조절하여 탄화능력을 증대 시킬 수 있다. 또한 점화 및 착화방식을 개방식에서 폐쇄식으로 개선하여 탄화조건을 향상시켜 생성물의 품질수준을 확보할 수 있고 특히 화재를 예방할 수 있는 장점이 있기 때문이다.

본 연구에서 제안한 원통형 탄화장치의 크기는 대형으로 하단 직경 2 m, 높이 2.4 m, 중량 200 kg, 제작 원가는 19백만 원 정도로 운반과 조립 및 해체가 용이하도록 설계되어 있다. 그리고 적정탄화시간은 3일, 1 Batch 당 소요원료는 1.5 톤, 생성제품은 목탄 300 kg, 목초액 45 ℓ 를 생산할 수 있다.

원통형 탄화장치를 활용하기 위해 규모의 경제성 분석을 한 결과 운용횟수(Batch)를 연간 70회(210일), 80회(240일), 100회(300일)로 하였을 때 조립식 탄화장치 1대를 운용하면 손익분기점은 70회의 경우 5년, 80회 4년, 100회 4년인 것으로 나타났다. 하지만 순수익이 작아 투자의 효율성이 낮아질 수 있으므로 2대 정도를 운용하면 3년째부터 순수익은 70회의 경우 연간 약 18백만 원, 80회 약 26백만 원, 100회 약 42백만 원이 발생하므로 사업화할 수 있을 것으로 보인다. 산지에서 생산되는 제품가격은 최소 목탄은 kg당 750원, 목초액은 ℓ 당 700원이 되어야 매년 수익이 발생하여 경제성이 있는 것으로 나타났다.

이자율의 변화(3~6%)에 따른 운용횟수별 B/C율도 모두 1보다 커 수익성이 있으나 이자율이 높고 운용횟수가 작을수록 누적수익의 현재가치는 작아지므로 이자율이 높을 경

우 사업의 타당성을 확보하기 위해서는 운용횟수를 높이면서 운용대수를 증가 시키는 것이 필요하다.

요 약

이 연구에서는 소경목 및 불량목 등 목재폐잔재가 발생하는 산지에서 이들을 활용하여 목탄·목초액을 생산할 수 있는 이동식 조립식 탄화로를 개발하고 실용화하는 데 필요한 경제성을 분석하였다. 경제성분석을 위해서 B/C율을 사용하였고 가격과 이자율의 변화에 따른 감응도 분석을 하였다. 우리나라 실정에 맞는 이동식 조립식 탄화로의 형태는 운전, 탄화시간, 제품의 질, 수집능력 등을 고려했을 때 원통형인 것으로 나타났다. 적정 규모는 3단 규모에 총중량 400 kg, 크기는 2(직경) × 2.4 m(높이), 1 Batch 당 탄재량은 1,500 kg, 목탄생산량은 300 kg, 목초액은 45 ℓ, 탄화소요시간은 48-52시간, 장치의 수명은 5년이다. 탄화로의 수익 성분분석결과 1대를 설치하고 Batch를 100회(300일), 80회(24일), 70회(210일)로 할 경우 어느 경우라도 B/C율이 1보다 큰 것으로 나타났다. 수익이 발생하는 시점은 100회 및 80회는 모두 4년, 70회는 5년부터인 것으로 나타났다. 그러나 발생하는 수익액이 작아 최소 2대를 운용해야 하는 것으로 나타났다. 산지에서 생산되는 제품가격은 최소 목탄은

kg당 750원, 목초액은 ℓ 당 700원이 되어야 매년 수익이 발생하여 경제성이 있는 것으로 나타났다.

인 용 문 헌

- 석현덕, 장철수. 1998. 목질탄화물의 농·축산업적 이용현황과 전망. 목질탄화물의 농업 및 환경적 이용에 관한 국제 심포지움. pp. 129-149.
- 석현덕, 장철수. 1999. 소경목·불량목 등 목질계 폐자원을 이용하여 가공된 목탄·목초액의 농수축산업에의 실용화 및 산업화 연구. 한국농촌경제연구원 C99-23. 150pp.
- 안경모. 1998. 목질탄화물의 성분이용. 목질탄화물의 농업 및 환경적 이용에 관한 국제 심포지움. pp. 11-61.
- 임업연구원. 2000. 폐목재의 수집체계 개선 및 재활용 촉진방안. 농림부. pp. 277.
- 장우환, 석현덕, 손철호, 민경택, 허장, 정은미, 김창길, 마상규, 이강오. 2003. 산림유기자원을 활용한 산림자연퇴비의 실용화에 관한 연구. 한국농촌경제연구원 C2003-22. pp. 197.
- 장철수, 석현덕. 2001. 농·축산업분야에 있어서 목탄·목초액 이용의 활성화 방향. 한국산림경제학회 산림경제연구. 9: 28~37.
- 장철수, 석현덕, 민경택, 손철호, 장우환, 한상윤. 2004. 산림내 폐잔재의 현지 활용을 위한 한국형 조립식 탄화장치 기술개발 및 실용화 연구. 한국농촌경제연구원. C2004-A3. 133pp.
- 조성택. 1998. 목질탄화물의 규격화 및 자료 개발. 목질탄화물의 농업 및 환경적 이용에 관한 국제 심포지움. pp. 151-176.
- 허장. 2001. 친환경농업 사용자재 등 신자재 관리방안. 한국농촌경제연구원 C2001-4. 81pp.