최 종
연구보고서

산림내 폐잔재의 현지 활용을 위한 한국형 조립식 탄화장치 기술개발 및 실용화 연구

A Study in Technical Development and Practical Use of Korean-type Mobile Carbonization Apparatus for the Field Utilization of Logging Residues

연 구 기 관
한국농촌경제연구원

농 림 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “산림내 폐잔재의 현지 활용을 위한 한국형 조립식 탄화장치 기술 개발 및 실용화 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2004년 8월 일

주관연구기관 : 한국농촌경제연구원
총괄연구책임자 : 장 철 수
연 구 위 원 : 석 현 덕
전 문 연 구 원 : 민 경 택
위촉전문연구원 : 손 철 호
경 북 대 교 수 : 장 우 환
위탁연구기관명 : (주)동 진 컨 설 팅
위탁연구책임자 : 한 상 윤

요 약 문

Ⅰ. 제 목

산림내 폐잔재의 현지 활용을 위한 한국형 조립식 탄화장치 기술개발 및 실용화 연구

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 필요성

1. 연구개발의 목적

○ 이 연구의 목적은 소경목 및 불량목 등 목재폐잔재가 발생하는 산지에서 이들을 활용하여 목탄·목초액을 생산할 수 있는 조립식 탄화로를 개발하고 실용화함으로써 목재자원 이용율을 제고하고 농가소득 증대 및 육림사업의 활성화에 기여하는 데 있음.

2. 연구개발의 필요성

○ 산림을 녹화하고 쓸모 있는 자원으로 가꾸기 위한 숲가꾸기 사업이 활성화됨에 따라 대량의 소경목 및 불량목 등 산지(임지)폐잔재가 발생하고 있으나 목재이용율도 낮고 수집·하산·운반 등에 고비용이 소요되며, 이를 활용할 수 있는 마땅한 대안도 없어 산림내에 그대로 방치되거나 폐기되고 있는 실정임.

- 산림내에 버려지고 있는 폐잔재는 산불, 병해충 등의 방제뿐만 아니라 각종 산림사업을 진행하는 데 장애요인으로 작용하고 있음.

○ 영림작업현장에 버려지고 있는 불량 산지폐잔재를 현장에서 이용, 고부가가치 제품인 목탄·목초액을 생산할 수 있다면 목재자원의 이용율을 제고시킬 뿐만 아니라 이는 농림가의 소득증대와 우리나라 임지를 보다 풍요롭고 쾌적한 산림공간으로 조성하는데 일조하게 될 것임.

○ 그러므로 산지에서 용이하게 설치·운영하고 해체하여 타 작업장에 이동·재조립함으로서 각 현장에서 발생되는 산지폐잔재를 가공하여 목탄과 목초액을 생산할 수 있는 이동식·조립식 탄화장치 개발 및 보급에 대한 연구가 필요한 시점임.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

○ 이 연구는 총 3개년도(2001. 8~2004. 8. : 1차 2001.8~2002.8, 2차 2002.8~2003.8, 3차 2003.8~2004.8)에 걸쳐 연구가 진행되었으며, 각 연도별 전반적인 연구개발 내용과 범위는 다음과 같음.

- 1차 년도에는 산지폐잔재의 발생 및 이용실태, 한국형 조립식 탄화장치 사양안 도출, 산지폐잔재의 활용을 위한 법적 제도적 문제점 도출에 중점을 두었으며,
- 2차 년도에는 산지폐잔재의 해외이용실태, 이용형태별 부가가치, 한국형 조립식 탄화장치의 시제품제작 착수, 생산제품의 품질 수준, 탄화장치의 실용화를 위한 개선사항 등에 중점을 두었고,
- 3차 년도에는 이 연구의 마지막 년도로서 한국형 이동식 조립식 탄화장치의 개발, 탄화장치개발사업의 타당성 검토, 실용화를 위한 방향제시에 중점을 두고 진행하였음.

○ 연구 내용 및 범위

연구내용	연구범위
1. 산지폐잔재 발생 현황과 이용 방안 및 부가가치 검토	• 산지폐잔재 국내 발생현황 및 이용실태 조사 • 산지폐잔재 국외 이용실태 조사 • 이용방안의 부가가치 검토
2. 한국형 조립식 탄화장치 개발 (무동력설비)	• 적정규모의 설정 • 설비사양서 작성 • Pilot장치 제작 • 제작비 검토 • 모델안 제시 • Pilot장치활용 및 관리방안 제시
3. 생산제품의 품질수준 검토	• 제품의 품질수준 분석 및 검토 • 이용방안 연구
5. 탄화장치 개발의 타당성 분석	• 기술적 타당성 검토 • 경제적 타당성 검토 • 실용화 방안 제시
4. 실용화를 위한 제도적 문제점 및 개선사항 제시	• 수집·활용에 대한 제도적 문제 도출 • 제도적 개선사항 제시

Ⅳ. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

○ 산지폐잔재는 숲가꾸기 사업 즉 간벌, 천연림보육과 같은 산림의 생장촉진을 위한 산림작업을 포함해 일반 목재벌채허가사업에 속하는 주벌, 간벌, 수종갱신 등의 산림사업에서 발생하며, 발생하는 산지폐잔재의 거의 대부분은 산림의 생장촉진을 위한 간벌, 천연림보육 등에서 발생하고 있음.

○ 이 연구에서 대상으로 하는 산지폐잔재는 직경 6㎝이하의 어린나무, 가지, 간벌과 주벌재의 초두부와 가지 등과 중경재(흉고직경 20㎝이상)를 제외한 숲가꾸기 산물이며, 숲가꾸기 공공근로사업 현장조사결과 산지폐잔재는 ha당 24.7㎥정도에 달하는 것으로 추정되었고, 목재벌채허가사업에서 발생하는 산지폐잔재는 미활용율 즉, 1-조재율을 적용하여 추정하였음.

○ 추정결과 1999년 산지폐잔재는 약 2,064천㎥이었으나 2003년에는 약 4,447천㎥에 달하는 것으로 나타났는데, 2001년까지는 숲가꾸기 공공근로사업에서 산지폐잔재가 가장 많았고 2002년에 이 사업이 종료되고 일반육림사업에 포함이 되면서 일반육림사업으로 진행된 간벌과 천연림보육사업에서 가장 많은 산지폐잔재가 발생하였음.

- 2003년도에 4,223천㎥으로 전체 산지폐잔재의 약 95%가 일반육림사업에서 발생하였음

○ 산지폐잔재가 이와 같이 많이 발생하고 있으나 숲가꾸기 산물을 수집하고 활용하는 량은 극히 일부분인 것으로 나타났는데 2002년도의 경우 66천㎥의 산지폐잔재가 수집 및 활용되었으나 산지폐잔재의 추정발생량의 9.8%수준에 불과하며, 2003년도에 산지폐잔재를 일반 육림사업에서 수집 및 활용한 바 있는데 수량은 210천㎥으로 2002년도보다 늘어났으나 산지폐잔재의 추정발생량의 5%수준에 불과함

○ 산지폐잔재의 수집 및 활용은 『지속가능한 산림자원관리지침(산림청 훈령 제785호, 2004.2.12)』에 의거 숲가꾸기 사업 후 재해가 우려되는 지역에 대해 임도, 마을 등으로부터 30m내의 산물을 수집하고 활용할 수 있도록 보조하고 있는데(국고 50%, 지방비 40%, 자부담 10%) 인공림의 경우 ha당 710,571원, 천연림은 556,030원을 보조하고 있음.

○ 산지폐잔재의 수집·활용상의 가장 큰 문제는 인력집재에 의한 수집비용과다인 것으로 나타났으며, 폐잔재의 용도개발 미흡, 수집 장비의 부족, 이용가능 자원의 부족, 제품시장의 미발달 등도 산지폐잔재를 수집·활용하는데 장애요인이 되고 있으며,

- 산림작업이 단지화되고 계획적으로 실행이 되어야 산지폐잔재의 수집·활용도가 높으나 산림작업이 이곳저곳 분산되어 있어 작업의 효율성, 시간과 노동효율성이 낮아질 수밖에 없고,
- 산지폐잔재를 수집·활용하기 위한 유인제도가 마련되어 있지 않는 등 여러 가지 요인들이 작용하는 것으로 나타났음.

○ 산지폐잔재의 해외이용사례를 검토한 결과 목탄·목초액으로 많이 활용되고 있는 것으로 나타났고, 우리나라의 경우 친환경농산물생산자재로 등록이 되어 있으며, 농업용에

서부터 산업용에 이르기 까지 다양한 분야에서 사용이 되고 있고, 일본의 경우는 '지력증진법'에 의해 목탄·목초액이 다양하게 사용이 되고 있음.

- 우리나라의 경우 생산업체는 60개소(2003.6)이며, 2002년 현재 목탄 14천톤, 목초액 14천톤 정도가 생산되어 연간 124%와 102%씩 증가하고 있고, 목탄의 대부분은 인도네시아, 말레이시아, 중국 등으로부터 수입에 의존하고 있으나 목초액은 국내생산에 의존하고 수입은 거의 없는 것으로 나타났음.

○ 산림작업현장에서 이용 가능한 이동식 조립식 탄화장치(로)를 개발하기 위해 조립식 O자형 탄화로, 가반식 탄화로, 드럼통 탄화로, 원통형 이동로, 철판조립식 탄화로 등의 처리능력, 탄화시간, 생산제품의 품질, 산지에서의 조립가능성 등을 종합하여 검토한 결과 원통형 조립식 탄화장치가 적절한 것으로 나타났음.

○ 원통형 조립식 탄화장치의 적정 규모는 3단 조립식으로 총중량은 400㎏, 탄화장치크기는 2.0m(지름)x2.4m(높이), 1Batch당 탄재량은 1,500㎏, 목탄 생산량은 300㎏, 목초액은 45ℓ, 탄화소요시간은 48~52시간, 장치의 수명은 5년으로 설정하였음.

○ 이러한 조건을 고려하여 장치를 제작하면 1대당 표준원가는 19백만원(VAT제외)에 달하는 것으로 추정되었으며, Pilot장치를 제작하여 경북 성주에 있는 (주) 수촌임산에서 2004.3.19~5.30일까지 3회에 걸쳐 시운전을 하여 탄화조건 등 기술적 문제들을 검토하였고 생성된 제품인 목탄·목초액을 국립산림과학원에 품질 실험을 의뢰한 결과 적합판정을 받음으로써 기술적인 타당성이 있는 것으로 나타났음.

○ 조립식 탄화장치의 수익성분석결과 1대를 설치하고 Batch를 100회(300일), 80회(240일), 70회(210일)로 하면 어느 경우에서도 B/C율은 1보다 큰 것으로 나타났으나 수익이 발생하는 시점이 100회와 80회의 경우 모두 4년이고 70회는 5년부터 발생하고 있고, 발생하는 수익액이 작아 1대만을 가지고 사업을 하기에는 어렵기 때문에 최소 2대를 운

영하는 것이 필요함.

- 따라서 1대를 가지고 부업으로 또는 자가용으로 사용할 경우 이에 대한 정부의 정책적 지원이 필요하다고 할 수 있다.

○ 산지폐잔재를 활용한 조립식 탄화장치의 실용화를 위해서는 먼저 산지폐잔재를 수집·활용하기 위한 시스템의 개선이 필요함

- 전문가 조사결과 임도변까지 반출비용과 수집기계장비에 대한 국고보조가 필요한 것으로 나타났으며, 국유림의 경우 수집된 산지폐잔재를 지역주민이 활용할 수 있도록 무상으로 제공하는 것이 필요한 것으로 나타났음
- 인력에 의존한 산림작업은 효율성이 떨어지고 전간재나 전목집재가 사실상 불가능함으로 기계화를 통한 작업방식을 도입하여 산림작업의 효율성을 높이는 등 기계화작업으로 산림작업방식을 개선할 필요가 있음
- 현재와 같이 산림작업이 동일한 시, 군내에서도 이곳저곳 분산되어 있는 경우 기계화작업의 효율성을 가져오기 어렵고 시간과 인력의 낭비를 초래함으로 계획적이고 안정적인 량이 공급될 수 있도록 산림작업의 집단화가 필요함.
- 현행 국고보조대상사업은 숲가꾸기 사업에 한정되어 있고, 작업후 재해가 우려되는 지역 즉, 임도, 마을 등으로부터 30m범위내에서 산물을 수집하도록 되어 있는 현행시스템을 사업의 범위를 일반 간벌, 주벌, 수종갱신 등으로 확대하고 수집범위도 기계화집재가 가능한 범위(일본의 경우200m)까지 확대하면서 산물의 활용용도범위를 톱밥, 칩에 목탄·목초액을 포함하는 것이 필요함

○ 조립식탄화장치의 실용화를 위해서는 중장기적으로는 환경농업과 연계한 지역적 활용시스템의 구축이 필요함

- 댐 상류의 물 관리유역, 환경농업지역, 생태산촌 등 자연과 가까운 지역을 대상으로 산림작업에서 발생하는 모든 산물을 활용할 수 있도록 산주와 지역주민간에 계약을 체결하고, 산물의 활용범위를 목탄·목초액, 칩, 톱밥, 기타 에너지원 등 다양하게 하

여 지역내에서 자원순환이 이루어지도록 함

○ 조립식탄화장치를 부업적 또는 자가 활용이 용이하도록 함과 동시에 산물인 목탄·목초액의 이용활성화에 대한 제도개선이 필요함

- 조립식탄화장치의 이동성, 작업의 편의성 등 여러 가지 장점을 가지고 있어 부업으로나 자가 활용을 위해 기계구입을 하여 사용하고자 하는 경우 내구연한이 5년이고, Batch수를 100(300일)으로 할 경우 4년부터 순수익이 발생하고 있는 점을 고려하여 현행 정책금융 이율 4%에 3년 거치 2년 상환(5년)하는 융자방식으로 정책적 지원이 필요함
- 생성물인 목탄·목초액의 품질이 고정식탄화공장에서 생산한 제품과 질적 차이가 없으므로 환경농자재로 사용하고자 하는 경우 조립식탄화장치에 의해 생산된 목탄·목초액제품도 지원할 수 있도록 제도개선이 필요함
- 2004.7.1일부터 목탄·목초액 품질인증제가 실시되고 있으나 조립식 탄화장치에 대한 품질인증제도는 마련되어 있지 않으므로 중장기적으로 이들 장치에 의해 생산된 제품도 품질인증을 받을 수 있도록 제도를 개선할 필요가 있으며, 또한 새로운 수요개발과 함께 이에 대한 연구지원이 확대되어야 함

SUMMARY

1. Title

A study in technical development and practical use of Korean-type mobile carbonization apparatus for the field utilization of logging residues

2. Results and Suggestions

1) This study was designed to develop and make practical application of a mobile carbonization apparatus, which are able to make wood charcoals and pyroligneous liquid at the logging field with debris. This will increase the coefficient of wood resource utilization and the mountainous household income and contribute activation of forestation.

2) The target residues have diameters between 7 to 20㎝. Total volume of residues generated from thinning and natural forest tending was about 2,064 thousand ㎥ in 1999 and has presumably reached 4,447 thousand ㎥ in 2003. Only 5% of the volume, however, has been utilized during the last year.

3) High cost of extracting residues scattered in forest has been the major obstacle of using them. In addition residues are not used for various purposes, and the products markets have not developed. The main field of utilizing the residues is making wood charcoals and pyroligneous liquid, which are environmentally-friend inputs for

agricultural products.

4) As of June 2003, 60 companies involved in making 14 thousand tons of wood charcoal and pyroligneous liquid and yearly increasing rates of each products are 124% and 102% respectively.

5) 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 are considered. It weighs 400kg, and a three-step fold-up equipment. The size of 2.0(diameter) by 2.4m(height) carbonization equipment requires 1,500kg wood debris per batch. A forty-eight to fifty-two carbonization time produces 300kg of wood charcoal and 45liters of pyroligneous liquid. The average life span of the apparatus is 5 years.

6) The earning rate against the equipment cost is 52.9% for 300 operation days with two apparatus and 57.3% for three. These figures indicate that it takes 2 years and 1.8 years to recover the equipment cost for two apparatus and for three apparatus, respectively.

7) To make practical application government aid is necessary for the apparatus and extracting residues. Timber harvest system should be mechanized to enhance the efficiency and the tree-length or the full tree, and the operation should be collectivized.

8) For the practical use of the apparatus it is also required to build a regional resource cycle of residues including an upper stream, environmental agriculture area, an

ecological mountain village.

9) For a subsidiary work and self- utilization the aid from government is required. Since those wood charcoal and pyroligneous liquid have no qualitative differences with those produced from a fixed carbonization equipment, it is necessary to have certification of quality and to improve the granting system when the products are used for environmental inputs for farming.

CONTENTS

Ⅰ. Introduction ····· 23

Ⅱ. Current Conditions and Problems of Extracting and Utilizing Logging Residues ···· 29

Ⅲ. Production and Utilization of Wood Charcoal and Pyroligneous Liquid ····· 46

Ⅳ. Development of Korean-type Mobile Carbonization Apparatus ····· 58

Ⅴ. Strategies for Practical Use of Korean-type Mobile Carbonization Apparatus ····· 76

Ⅵ. Abstract and Conclusions ····· 91

References ····· 94

Appendix ····· 97

목 차

제1장 서 론

제1절 연구의 필요성 및 목적 ····· 23
제2절 연구범위 및 방법 ····· 25
제3절 선행연구의 검토 ····· 27

제2장 산지폐잔재의 발생현황 및 수집·활용상의 문제점

제1절 우리나라 산림구조와 문제점 ····· 29
제2절 산지폐잔재의 종류 및 발생량 추정 ····· 32
제3절 산지폐잔재의 수집·활용실태 및 문제점 ····· 36

제3장 목탄·목초액의 생산 및 이용실태

제1절 산지폐잔재의 국내외 이용현황 ····· 46
제2절 국내 목탄·목초액의 생산 및 이용실태 ····· 47
제3절 일본의 목탄·목초액 이용실태 ····· 52

제4장 산지폐잔재의 활용을 위한 조립식 탄화장치의 개발

제1절 조립식 탄화장치의 적정모델과 규모 ····· 58
제2절 Pilot 장치설계, 제작 및 시운전 ····· 65
제3절 생산제품의 품질 및 Pilot 장치의 기술적 타당성 ····· 70

제5장 조립식 탄화장치의 기술개발에 대한 경제성평가 및 실용화방향

제1절 조립식 탄화장치의 수익성 분석 ····· 76
제2절 조립식 탄화장치의 실용화 방향 ····· 84

제6장 요약 및 결론 ····· 91

참고문헌 ····· 94

부 록

부록 1 목재의 품등구분 사례 ····· 97
부록 2 임목생산작업 공정 및 생산비(진안기계훈련원) ····· 99
부록 3 Pilot 장치의 설계도면 ····· 102
부록 4 Pilot장치의 시운전 자료 ····· 108
부록 5 조립식 탄화장치의 운전 요령 ····· 119
부록 6 목탄·목초액의 규격과 품질 ····· 122

표 목 차

제2장

표 2-1 주요 수종의 영급별 평균 흉고직경 ····· 30

표 2-2 산지폐잔재가 발생하는 산림사업 ····· 33

표 2-3 산지폐잔재의 구분 ····· 33

표 2-4 숲 가꾸기 공공근로사업장에서의 경급별 수종별 벌채 본수 ····· 34

표 2-5 평균목 재적에 의한 벌채목의 임목재적 추정치 ····· 34

표 2-6 수종별 조재율 ····· 35

표 2-7 산림사업별 산지폐잔재 발생량 추정결과 ····· 35

표 2-8 산지폐잔재의 활용용도별 수집량 ····· 38

표 2-9 2002년도 간벌사업의 보조금 예(제경비율 0%, 조정인자 0%) ····· 40

표 2-10 長野縣의 최근 3년간 간벌재적, 반출재적 및 반출률 ····· 41

표 2-11 長野縣의 2001년도 간벌재 이용내역 ····· 41

표 2-12 산림내 폐잔재 존치에 대한 의식 ····· 43

표 2-13 산지폐잔재 활용상의 문제점에 대한 우선순위 인식 ····· 43

표 2-14 현행 산지폐잔재의 수집형태 ····· 43

제3장

표 3-1 산지폐잔재의 활용유형 및 용도 ····· 46

표 3-2 국내 생산업체 현황 ····· 48

표 3-3 국내 목탄·목초액의 생산추세 ····· 48

표 3-4 목탄 수급실태 ····· 48

표 3-5 목초액 수급실태 ····· 48

표 3-6 목탄·목초액의 사용용도 ····· 50
표 3-7 목탄·목초액 이용관련 법령 및 내용 ····· 51
표 3-8 일본의 최근 5년간 목탄의 수급실태 ····· 52
표 3-9 일본의 주요 목탄 생산지(2001년 기준) ····· 53
표 3-10 일본의 용도별 목탄 판매실적(1999~2001) ····· 54
표 3-11 일본의 용도별 목초액 판매실적(1999~2001) ····· 55
표 3-12 토양개량제로서의 이용효과 ····· 56

제4장

표 4-1 각종 이동식 간이 탄화로의 형태별 처리능력과 특성 비교 ····· 61
표 4-2 원통형 탄화장치의 탄화조건별 적정규모 ····· 65
표 4-3 한국형 조립식 탄화장치의 설비 특성 ····· 66
표 4-4 원통형 이동로의 설비개요 ····· 68
표 4-5 한국형 조립식 탄화로의 제원과 생성 제품 ····· 69
표 4-6 조립식 탄화장치 제작 원가계산서 ····· 70
표 4-7 운전소요시간과 소요작업공수 ····· 72
표 4-8 목탄의 시험결과 ····· 73
표 4-9 목초액 시험결과 ····· 74

제5장

표 5-1 1Batch당 추정 원가 ····· 77
표 5-2 설비대수/운전회수를 기준으로 한 원가추정 ····· 77
표 5-3 1Batch당 예상 수익 ····· 78
표 5-4 설비대수/운전회수를 기준으로 추정한 수익성 ····· 79
표 5-5 조립식 탄화장치 1대 운용시 Batch별 누적수익 현재가치의 흐름, B/C Ratio, 손익분기점 ····· 82

표 5-6 조립식 탄화장치 2대 운용시 Batch별 누적수익 현재가치의 흐름, B/C Ratio, 손익분기점 ····· 82
표 5-7 조립식 탄화장치 1대 운용시 목탄·목초액의 가격변화에 따른 감응도 분석 ·· 83
표 5-8 조립식 탄화장치 1대 운용시 이자율변화에 따른 감응도 분석 ····· 83
표 5-9 산지폐잔재 수집활용의 촉진을 위한 방안 ····· 84

그 림 목 차

제2장

그림 2-1 흉고직경에 따른 생산비와 시장가의 관계 ····· 44

제4장

그림 4-1 원통형 조립식 탄화장치의 표준탄화조건 ····· 63

제5장

그림 5-1 조립식 탄화장치 1대 운용시 100Batch 누적이윤의 흐름 ····· 81
그림 5-2 조립식 탄화장치 2대 운용시 100Batch 누적이윤의 흐름 ····· 82
그림 5-3 전체시스템의 일환으로서 이용방식 ····· 87

제 1 장

서 론

제1절 연구개발의 필요성 및 목적

1. 연구개발의 필요성

산림가꾸기의 활성화에 따라 대량의 소경목 및 불량목 등 산지(임지)폐잔재가 영림현장에서 발생되고 있다. 즉 현재 주벌, 간벌, 수종갱신, 육림, 기타 산림보육작업 등 영림작업에서의 목재이용율은 매우 낮아 매년 약 1,000천㎥이상의 목재가 산지폐잔재로 폐기되고 있는 실정이다. 원목조재율을 보면 주벌재 0.85, 간벌재 0.6, 수종갱신·무육·천보·기타는 0.14에 불과하다.

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 벌채업자가 수집을 기피하여 임지에 폐기되고 있는 실정이다.

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

바와 같이 국내 영림사업에서의 임목이용율은 매우 낮고 벌채원목의 조재율이 외국수준에 비해 크게 낮으며 폐목재의 용도도 톱밥과 칩으로 국한되고 있다. 톱밥과 칩 제조시설은 장치 산업적 형태로 동력을 필요로 하고 이동이 어려워 산지에서의 가공은 불가능한 실정이다. 특히 극소경목, 가지목과 단목 등 불량목의 경제적 이용방법 개발은 이루어지지 못하고 있는 실정이다.

영림사업은 우리나라 모든 산지에서 널리 시행되고 있다. 산지폐잔재의 적극적인 활용은 목재자원의 이용율을 제고시킬 뿐만 아니라 임업소득을 높여 낙후된 산촌지역의 지역발전에 기여하게 되는 등 경제적 파급효과가 매우 크다. 그러므로 임지에서 용이하게 설치·운영하고 해체하여 타 작업장에 이동·재조립하여 각 현장에서 발생되는 산지폐잔재를 가공하여 목탄과 목초액을 생산할 수 있는 한국형 이동식·조립식 탄화장치 개발 및 보급에 대한 연구가 필요한 시점이다.

2. 연구의 목적

이 연구의 주요 목적은 소경목 및 불량목 등 목재폐잔재가 발생하는 산지에서 직접 목탄·목초액을 생산할 수 있는 조립식 탄화로의 기술개발과 실용화에 있다.

이러한 연구 목적을 달성하기 위해 총 3개년도(2001. 8~2004. 8. : 1차 2001.8~2002.8, 2차 2002.8~2003.8, 3차 2003.8~2004.8)에 걸쳐 연구가 진행되었다. 1차 년도에는 산지폐잔재의 발생 및 이용실태, 한국형 조립식 탄화장치사양안 도출, 산지폐잔재의 활용을 위한 법적 제도적 문제점 도출에 중점을 두었다. 다음으로 2차 년도에는 산지폐잔재의 해외이용실태, 이용형태별 부가가치, 한국형 조립식 탄화장치의 시제품제작 착수, 생산제품의 품질수준, 탄화장치의 실용화를 위한 개선사항 등에 중점을 두었다. 끝으로 3차 년도에는 이 연구의 마지막 년도로서 한국형 이동식 조립식 탄화장치의 개발, 탄화장치 개발사업의 타당성 검토 및 실용화를 위한 개선방향 제시 등에 중점을 두고 진행하였다.

제2절 연구범위 및 방법

1. 연구 목표 및 범위

이 연구에서 추진하고자 하는 궁극적인 목적은 산지폐잔재가 발생하는 현장에서 폐잔재를 이용할 수 있는 탄화장치에 대한 기술개발과 실용화이다. 이에 따라 연구목표는 산지폐잔재의 발생과 이용방안의 부가가치검토, 한국형 조립식 탄화장치의 개발과 생산제품의 품질 수준, 탄화장치 개발의 타당성분석, 그리고 실용화를 위한 제도적 문제점 및 개선방향 등으로 설정하였다. 각 연구목표별 연구범위는 다음과 같다.

연구목표	연구범위
1. 산지폐잔재 발생 현황과 이용 방안 및 부가가치 검토	• 산지폐잔재 국내 발생현황 및 이용실태 조사 • 산지폐잔재 국외 이용실태 조사 • 이용방안의 부가가치 검토
2. 한국형 조립식 탄화장치 개발 (무동력설비)	• 적정규모의 설정 • 설비사양서 작성 • Pilot장치 제작 • 제작비 검토 • 모델안 제시 • Pilot장치활용 및 관리방안 제시
3. 생산제품의 품질수준 검토	• 제품의 품질수준 분석 및 검토 • 이용방안 연구
5. 탄화장치 개발의 타당성 분석	• 기술적 타당성 검토 • 경제적 타당성 검토 • 실용화 방안 제시
4. 실용화를 위한 제도적 문제점 및 개선사항 제시	• 수집·활용에 대한 제도적 문제 도출 • 제도적 개선사항 제시

2. 연구 방법

가. 산지폐잔재 발생량 추정 및 이용현황 조사

산지에서 발생하는 목질 폐잔재의 종류와 발생 가능한 산림사업을 파악한 후 최근 실시

되고 있는 산림사업물량을 조사하여 이를 토대로 산지에서 발생 가능한 산지폐잔재 발생량을 추정하였다. 산지폐잔재의 수집·이용현황과 관련해서는 국·민유림을 대상으로 파악하였고, 해외사례는 일본의 長野縣을 선정하여 현지방문 조사하였다. 또한 산지폐잔재의 이용방안을 강구하기 위해 관련 전문가들을 대상으로 설문조사를 실시하였다.

나. 불량 산지폐잔재를 활용할 수 있는 한국형 이동식 조립식 탄화장치의 개발

임지현장에서 산지폐잔재를 처리할 수 있는 탄화장치의 특수성을 고려하여 다음 요건을 충족할 수 있는 한국형 탄화장치를 개발하였다.

① 극소경목, 가지목, 단목 등 불량폐잔재를 효과적으로 처리

② 영림작업장을 따라 이설할 수 있는 이동식, 조립식 형태

③ 무동력설비로서 산지에서 활용

④ 양호한 품질의 목탄과 목초액을 생산

⑤ 시설비가 저렴하여 투자부담이 경감

⑥ 간편하게 해체, 이동, 재조립과 운전이 가능

폐잔재의 성상을 조사하기 위하여 간벌재 등 영림현장을 방문조사 하였고, 조립식탄화로 관련 국내 및 해외문헌을 조사하여 자료를 수집하였다. 그리고 한국 숯 연구회와 일본 숯 굽기회(日本炭やきの會)의 협조를 얻어 시험적으로 간이탄화로(원통조립식과 철판조립식탄화로)를 제작하여 운전시험을 수행하였으며, 일본 숯 굽기회의 권위 있는 전문가인 杉浦銀治氏와 그 일행이 시험장치의 시운전에 입회하여 기술협의와 자문을 받았다.

다. 산지폐잔재의 수집 및 활용

산지폐잔재 발생과 직·간접적으로 연계되어 있는 산림작업 관련 전문가를 대상으로 방문면담조사 및 우편설문조사를 실시하여 산지폐잔재 활용상의 문제점을 파악하였고, 산지폐잔재 활용과 관련하여 전문가들을 중심으로 한 자문위원회 및 세미나 등을 개최하였다.

제3절 선행연구의 검토

산지폐잔재의 현지활용을 위한 조립식 탄화장치의 개발에 관한 연구는 지금까지 거의 이루어지지 않았으며, 산지폐잔재의 활용과 관련한 연구로서는 장우환외 8인(2003)의 “산림유기자원을 활용한 산림자연퇴비의 실용화에 관한 연구”가 있다. 김외정외 8인(2000)은 폐목재를 임지폐목재, 산업가공폐목재, 건설폐목재, 생활폐목재, 물류유통폐목재 등으로 구분하고 수집체계와 재활용실태를 파악하고 이들 폐목재의 수집체계를 개선하고 재활용을 촉진시키기 위한 방안으로 지방공기업형태의 폐목재 전문처리업체의 설립을 제시한 바 있다.

목탄·목초액의 생산, 유통 및 제도와 관련된 연구는 농촌경제연구원과 임업연구원에서 주로 이루어져 왔으며, 석현덕·장철수·서영완(1998)은 농가단위의 이용 및 유통실태조사를 바탕으로 생산 및 유통, 소비에서의 개선방안과 앞으로의 전망을 제시한 바 있다. 석현덕·장철수(1999)는 농가단위에서의 실질적인 목탄·목초액의 사용실태, 유통, 법적 제도적 문제점 등을 파악하고 농수축산업에서의 실용화방안을 제시하였다. 또한 이 연구에서는 목탄·목초액의 제조공정, 적정 규모별 예상 투자비 및 수익성을 분석하여 기계식탄화장치의 모델을 제시한 바 있다.

또한 장철수·석현덕(2001)은 목탄·목초액의 이용 실태파악을 통해 환경친화적인 농축산업의 발전을 위하여는 목탄·목초액 이용의 활성화가 필요하며 이를 위한 법적 제도적 개선 방안을 제시한 바 있다. 허장외 2인(2001)의 연구에 따르면 생산농가 중 가장 많은 농가(37.4%)가 목탄·목초액을 사용하고 있는 것으로 조사되었으며, 친환경농업 사용자재의 관리방안으로서 1단계「친환경농업육성법」체계아래 민간에 의한 관리방식과 2단계「비료관리법」및「농약관리법」체계를 통한 관리의 단계별 적용이 제안된 바 있다.

한편 임업연구원의 안경모(1998)는 다양한 탄화장치의 소개와 함께 인삼, 잔디, 맥류, 채소, 고추 등에 대한 목탄·목초액의 사용의 실험결과 토양개량효과, 생장촉진효과, 농약잔류성분제거 등 탁월한 효과가 있다고 하였다. 조성택(1998)은 목탄·목초액의 규격화 및 일본의 규격, 그리고 농가단위에서의 사용효과 및 사용방법을 소개한 바 있다. 박상범외 2인(1998)은 대나무를 이용한 숯의 개발과 함께 암모니아 탈취, 중금속 흡착, 수돗물 정화,

원적외선 방사, 전자파 차단 등의 효과를 소개하면서 생활환경개선부문에서 숯 사용의 활성화를 제안한 바 있다.

일본의 경우 목탄·목초액에 관한 연구가 상당히 진행이 되었으며 이들 자재는 토양개량, 식물생장촉진, 그리고 가축사료보조제로서 사용되고 있다. 또한 목탄·목초액은 생활부문에서도 전자파차단, 목욕용, 침대매트, 분재 등 다양한 분야에서 사용되고 있다(角中正也. 1991, 杉浦根治. 1996, 岸本定吉. 1996, 大槻 彰. 1996, 吉田嘉明. 1996).

1993년에 일본에서 불량 산지폐잔재의 활용을 위해 임시식 이동탄화로를 개발한 바 있는데 용량이 크고 시설투자비가 과대하여 산지에서의 활용에 적합하지 못하여 보급되지 못하고 있는 실정이다.

제 2 장

산지폐잔재의 발생현황 및 수집·활용상의 문제점

제1절 우리나라의 산림구조와 문제점

산지폐잔재란 각종 산림작업과 생산작업 후 산지에 버려지는 산림폐기물을 의미한다. 산지폐잔재가 얼마나 발생하고 이를 수집 이용시 생태적 영향과 경제적으로 얼마나 이익이 될 것인지에 관한 체계적인 분석과 연구가 이루어져 있지 않다. 우리나라 산림현상으로 보아 산지에서 폐기되는 자원이 가장 큰 자원이다. 앞으로 산림영급구조의 변화가 제대로 이루어져 중경재와 대경재 생산시대가 도래하더라도 산지폐잔재는 중요한 자원으로 남아 있을 것이다.

1. 사회적 인식

과거 우리나라 산림이 황폐했던 현상을 기억하는 사람들은 나무를 베는 것을 달갑게 생각하지 않고 있다. 나무는 심고 가꾸는 것이지, 솎아내는 것을 숲가꾸는 것으로 인식하는 사람들은 그리 많지 않았다. 산주나 숲가꾸기에 종사하는 작업자들도 강도있게 솎아내는 것을 피하는 경향도 있다. 이로 인해 산림작업은 하층식생을 제거해 주는 정도의 작업으로 인식하고 있다.

이와 같은 사회현상이 적극적인 숲가꾸기를 어렵게 하는 원인이 되고 있는 반면 숲가꾸기에서 발생한 산물을 산지에 돌려주는 것이 토질개선에 효과가 있다는 이유로 산물의 수집·이용에 적극성을 보이지 않는 사람들도 있다. 산지폐잔재가 산불피해원인이 되고 그 피해를 가중시킨다는 사실은 피해를 입은 다음에서야 느낀다. 각종 산림작업에서 발생하는 모든 산물을 산지에 그대로 방치하기보다는 적절히 수집·이용하는 것이 산림생태계의 건전한 유지와 산불방지를 위해 더 바람직하다. 산지폐잔재를 폐목으로 인식할 것이 아니라 숲을 가꾸는 과정에서 생산되는 산물로 인정을 하고 이를 수집·이용할 수 있도록 사회의 인식전환이 필요하다.

2. 우리나라 산림의 영급과 직경급

우리나라 산림의 영급은 목재생산측면에서 보면 2/3이상이 유령급(10~20년생)에 해당되며, 이러한 영급의 산림은 적극적으로 육림, 간벌 등 숲가꾸기사업을 통해 솎아내야 하는 시기에 있다고 할 수 있다. 직경급으로 보더라도 솎아내는 나무들의 직경은 소경재에 해당된다.

표 2-1 주요 수종의 영급별 평균 흉고직경

단위: ㎝

수 종	평균 흉고직경		비 고
	Ⅲ영급	Ⅳ영급	
잣 나 무	14	21	※ 수종별 임목수확표에서 추정
낙 엽 송	17	23	
소나무(강송)	15	23	
소나무(중부)	14	23	
상수리나무	13	22	
	15	24	

자료: 임업연구원. 2001.『수종별 표준 임목수확표』

소경재는 보통 우리나라의 경우 흉고직경이 16㎝이하를, 독일에서는 20㎝이하를 뜻한다. 보통 제재목으로 가공하기 위해서는 말구직경이 18㎝이상은 되어야 한다. <표 2-1>에서

보듯이 우리나라 산림의 대부분이 III영급이하이므로 간벌재는 대부분 소경재일 수밖에 없고 20년 후가 되더라도 상당량의 소경재가 생산될 수밖에 없다.

소경재가 산림작업에서 발생하는 산지폐잔재의 대부분을 점유하며, biomass생산의 대상이 되고 있어 우리나라 산림의 발전과정상 이들 산지폐잔재의 생산이용은 중요한 과제로 부각되고 있다.

3. 산림소유구조

우리나라 산림을 체계적으로 관리하기 어려운 것은 사유림이 전체산림면적의 70%이상이고 소유 평균면적이 2.5ha에 불과하다. 대부분이 산림경영을 위해 산을 보유하고 있다기보다는 자산의 가치 증식이나 묘자리로 사용하기 위해 보유하고 있다. 이에 따라 숲가꾸기와 같은 산림작업에 관심을 가지고 있거나 직접 관여하고 있는 산주들은 거의 없다.

특히 유령림 위주로 되어 있어 육림, 간벌 등 산림작업을 해도 생산되는 산물은 시장성이 없기 때문에 산림을 가꾸는데 필요한 숲가꾸기 사업에 투자를 하려고 하지 않는다. 설령 숲가꾸기 사업을 했다고 하더라도 산지에서 생산된 산물은 법률상 산주재산이므로 숲가꾸기 산물을 생산·이용시 동의를 받지 않을 수 없다. 지속적으로 발생하는 산지폐잔재를 생산·이용하는데 있어서 현재와 같은 관리체제하에서는 어려움이 많아 관련 산업을 발전시키는데 제한 요인이 되고 있다.

4. 원료공급수준과 연관 산업

연간 국산재 공급량은 1~1.5백만㎥의 수준으로 ha당 공급량으로 보면 약 0.2㎥수준에 불과하다. 일본의 1.2㎥, 독일의 4㎥에 비하면 공급량이 크게 부족한 상태에 있다. 공급되는 목재의 공급도 소중경재로 대부분 펄프재와 같은 공업원료가 위주이고 제재목으로 가공·이용되는 것은 소량에 불과한 실정이다. 국산재의 공급량도 문제이나 국산재를 이용한 산업의 발달이 미진한 것도 문제이다. 결과적으로 소경재가 생산되는 시기에 있는 우리나

라 실정으로 보아 이들 산지폐잔재자원을 이용한 산업을 발전시키지 않는 한 산림이 지역사회 개발에 미치는 영향은 미미할 것이며, 이로 인해 산림을 산업화시키는데 있어서 임업의 역할을 기대하기 어려울 것이다.

제2절 산지폐잔재의 종류 및 발생량 추정

1. 산지폐잔재의 종류

산지폐잔재란 앞서 언급했듯이 각종 산림보육작업과 생산작업 후 산지에 버려지는 산림자원을 의미한다. 산지폐잔재가 발생 가능한 사업으로서는 숲 가꾸기 사업, 일반 육림사업, 목재벌채 허가사업 등이 있다. 숲 가꾸기 사업에는 간벌, 어린나무 가꾸기, 덩굴제거, 풀베기, 조림, 천연림보육, 기타 사업 등이 있지만 이 가운데 이 연구에서 분석대상으로 하는 산지폐잔재가 발생 가능한 간벌과 천연림보육 사업만을 포함한다.

각종 산림작업과정에서 발생하는 목재 관련 부산물로서는 관목, 어린 나무, 큰 나무, 잎, 작은 가지, 큰 가지, 줄기(수간), 수피, 피해목, 고사목, 불량목, 후동목(벌채후 남은 소두부) 등이 있으며, 수종에 따라 이들 각 부위의 용도가 다양하게 사용된다. 잣나무, 소나무, 편백 등의 잎과 작은 가지는 향료용으로, 그리고 거의 모든 수종의 잎과 작은 가지는 사료용으로 사용이 된다. 작은 줄기(말구직경 12cm이하), 가지, 잎은 칩으로 가공되어 토양개량용이나 가축의 깔개, 퇴비 등으로 사용되며, 소경재(직경 7~15cm)는 조경재, 갱목, 박피후 칩으로 가공 후 펄프용으로, 장작이나 칩, 톱밥 등으로 가공되어 연료재나 하드보드, 축사정화제 등으로 사용된다. 중경재(직경 16cm~30cm)는 제재소를 거쳐 줄기는 건축자재용 등 다양하며, 수피는 연료용으로 피죽은 펄프 또는 축사정화제 등으로 사용된다[1].

현재 중경재 이상은 다양한 용도로 사용이 되고 있어 생산자가 수집을 하고 있으나 소경목 등은 산림내에 버려지고 있다. 여기에서는 산지폐잔재 가운데 목탄 및 목초액 생산이

1) 임목의 말구직경과 이용형태는 일반적으로 말구직경 7cm: 족장재, 소경재 pole, 10cm: 펄프재 등 원료재, 14cm: 공예재, 20cm: 제재용재 등으로 사용(부록 1참조)

가능한 직경 7cm~20cm이하의 폐잔재를 분석대상으로 하였다.

표 2-2 산지폐잔재가 발생하는 산림사업

구분	숲 가꾸기 공공근로사업		일반육림사업		목재벌채허가사업					
	간벌 (ha)	천연림 보육(ha)	간벌 (ha)	천연림 보육(ha)	주벌		간벌		수종갱신	
					ha	천㎥	ha	천㎥	ha	천㎥
1988	8,080	14,785	-	13	7,300	261	20,813	225	5,945	208
1999	33,730	42,153	-	31	10,173	404	26,031	242	7,200	297
2000	32,301	38,258	19,439	13,797	9,271	382	24,029	256	6,907	301
2001	26,755	27,778	17,637	16,827	9,296	463	23,734	237	8,532	395
2002	14,151	13,207	42,035	48,449	8,263	474	26,312	273	6,106	297
2003	-	-	68,000	103,000	7,754	454	25,721	337	6,292	326

자료: 산림청. 『임업통계연보』. 각년도.

<표 2-2>는 산지폐잔재가 발생하는 산림사업을 나타낸 것으로 숲 가꾸기 공공근로사업으로 행해진 간벌 및 천연림보육사업은 2002년도에 사업이 종료되고 일반육림사업으로 전환이 되었다. 이에 따라 2003년도 일반 육림사업은 2002년에 비해 간벌은 62%, 천연림보육사업은 112% 증가하였다.

표 2-3 산지폐잔재의 구분

구분	종류	내 용
산지 폐잔재	미활용 폐잔재	관목, 맹아지 등이나 가로수 정리 산물
		직경 6㎝이하의 어린 나무, 가지 등과 간벌과 주벌재의 초두부와 가지 등
	활 용 폐잔재	말구 직경이 7㎝이상으로 펄프재 등 공업원료 이상으로 이용될 수 있는 목재로서 간벌과 주벌을 통해 생산

2. 산지폐잔재의 발생량 추정조건

숲 가꾸기 공공근로사업과 일반 육림사업의 경우 육림단계의 산림사업으로서 이 과정에

서 발생하는 목재들은 활용가치가 매우 낮아 산지폐잔재가 될 가능성이 매우 높다. 숲 가꾸기 공공근로 사업장의 현지 조사결과 산출된 직경급별 본수를 보면, 총 ha당 2,360본 가운데 6cm이하가 1,776본, 8~12cm가 429본, 14~18cm가 117본, 20cm이상이 38본인 것으로 나타났다. 이들 직경급별 본수와 표준목 재적을 적용하여 산출한 재적을 적용할 경우 숲 가꾸기 공공근로사업을 통해 생산되는 ha당 간재적량은 44.6㎥/ha에 달하는 것으로 파악되며, 이 가운데 직경6cm이하의 소경폐잔재와 20㎝이상의 중경재를 제외하면 이용 가능한 산지폐잔재는 24.7㎥/ha인 것으로 분석되었다.

표 2-4 숲 가꾸기 공공근로사업장에서의 경급별 수종별 벌채 본수

수종	지위지수	경급별 생산본수(본/ha)				
		계	6㎝이하	8~12	14~18	20이상
소나무	23	2,905	2,228	506	116	55
리기다	13	2,984	2,345	511	96	32
낙엽송	7	896	136	450	246	64
잣나무	9	1,510	1,183	149	163	15
활엽수	25	2,249	1,738	409	75	27
평균	-	2,360	1,776	429	117	38

표 2-5 평균목 재적에 의한 벌채목의 임목재적추정치

수종	표준지수	경급별 재적(㎥/ha)				
		계	6㎝이하	8~12	14~18	20이상
소나무	23	50.8	8.9	13.7	12.3	15.9
리기다	13	46.2	9.4	15.7	11.3	9.8
낙엽송	7	67.1	0.5	15.8	30.3	20.5
잣나무	9	49.6	4.7	4.5	20.1	20.3
활엽수	25	29.8	7.0	9.1	7.1	6.6
평균	-	44.6	7.1	11.7	13.0	12.8

목재벌채허가사업의 경우는 벌채허가재적에 미활용율(1-조재율)을 적용하여 산출하였다. 벌채허가재적의 경우 6cm 이하의 초두부나 가지는 포함하지 않고 있다. 조재율의 경우 이용 가능한 재적의 비율을 의미하며, 이 분석에서는 주요 수종의 평균 조재율을 적용하였다 (<표 2-6> 참조).

표 2-6 수종별 조재율

수종	소나무	낙엽송	잣나무	리기다	활엽수	평균
조재율(%)	83	87	81	83	68	80

3. 산지폐잔재의 발생량 추정결과

산지폐잔재는 2001년 까지 숲 가꾸기 공공근로사업에서 가장 많은 량이 발생한 것으로 추정되었다(<표 2-7> 참조). 이는 숲가꾸기 공공근로사업이 IMF이후 실업대책의 일환으로 추진된 결과이며, 숲가꾸기 공공근로사업의 사업량이 감소하면서 산지폐잔재의 양도 1999년 1,874천㎥에서 2001년 1,346천㎥, 2002년에는 675천㎥으로 줄어든 것으로 나타났다.

2002년도에 숲 가꾸기 공공근로사업이 종료되고 2003년도에 일반 육림사업으로 전환되면서 사업물량이 크게 늘어났고 이에 따라 산지폐잔재는 일반 육림사업에서 가장 많은 4,223천㎥이 발생하였다. 주벌, 간벌, 수종갱신 등 목재벌채허가사업의 경우 주벌은 2003년도에 다소 주춤하였으나 간벌 및 수종갱신사업의 물량은 계속 증가 추세에 있는 것으로 나타나 산지폐잔재의 발생량은 꾸준히 증가하고 있다.

1999~2003년까지 총 산지폐잔재의 추정량은 1999년에 2,064천㎥에서 2003년도에 4,447천㎥으로 연간 23%씩 증가하고 있는 것으로 나타나고 있다. 향후 우리나라의 영급구조와

표 2-7 산림사업별 산지폐잔재 발생량 추정결과

단위: ㎥

구분	숲 가꾸기 공공근로사업	일반 육림사업	목재벌채 허가사업			합계
			주벌	간벌	수종갱신	
1999	1,874,310	766	80,874	48,597	59,502	2,064,049
2000	1,742,807	820,929	76,578	51,223	60,328	2,751,866
2001	1,346,965	851,261	92,675	47,414	78,987	2,417,302
2002	675,743	2,234,955	94,800	54,600	59,400	3,119,497
2003	-	4,223,700	90,800	67,400	65,200	4,447,100

수집비용을 고려하면 전체적으로는 일반 육림사업물량이 늘어나고 수집비용이 증가하기 때문에 산지폐잔재의 발생량은 지속적으로 증가할 것으로 전망된다.

제3절 산지폐잔재의 수집·활용실태 및 문제점

1. 우리나라의 산지폐잔재 수집·활용실태

가. 산지폐잔재의 현행 수집시스템

국내의 산지폐잔재 수집시스템은 간벌, 주벌 등 벌채형태 및 인력, 기계 등 작업형태와 밀접한 관계를 가지고 있는데 우리나라의 경우 기계화가 상당히 지연되어 주로 인력에 의존하고 있다. 왜냐하면 영림작업의 분산화와 영세성, 지속적인 사업량 확보의 불투명과 함께 숲 가꾸기사업 이라든가 간벌작업의 경우 생산되는 목재는 소경재에 불과함으로 이들 간벌 소경재를 이용한 이용산업의 개발 부족 등으로 시장이 개발되어 있지 않으며, 원료의 지속적 공급체계가 되어 있지 않기 때문이다.

이에 따라 경사지 31°이상이 전체 산림의 대부분인(65%) 우리나라의 경우 벌목작업은 체인톱을 사용하여 이루어지는데 대부분 인력과 소형윈치, 굴삭기 등 소형장비를 이용하기 때문에 단목 집재(재장 4m이하)방법을 사용하고 있다. 경사도 25% 미만의 완경사지는 농업용 트랙터를 이용한 집재, 25~60%의 중경사지는 집재로를 이용한 집재, 경사도 60%이상의 급경사지는 가선집재 등으로 이루어지고 있다. 그러나 아직까지 우리나라는 가선집재 방법이 국유림 일부를 제외하고는 널리 적용되고 있지 않으므로, 4륜 구동의 트럭을 이용하기 위해 급경사지에 무리하게 작업로를 개설하여 임지훼손 문제가 빈번히 발생되고 있는 실정이다.

현재 우리나라 산지에서 이루어지는 산지폐잔재 수집시스템을 목재생산방법과 연관지어 구분해 보면 전목생산에 의한 방법, 전간재생산에 의한 방법, 단목생산에 의한 방법 등이 있는 것으로 나타났다.

전목생산에 의한 방법은 임분내에서 벌도목을 스키더, 타워야더 등으로 전목집재를 한

뒤 임도변 또는 토장에서 가지·통나무 자르기를 한 다음 폐잔재를 수집하는 작업형태로 소요인력을 가장 최소화할 수 있다. 전간재생산에 의한 방법은 임분내에서 벌도와 가지자르기만을 실시한 벌도목을 임업용 트랙터, 스키더, 타워야더 등을 이용하여 임도변이나 토장 까지 집재하여 그곳에서 원목생산을 한 다음 폐잔재를 수집하는 방법으로 노동생산성을 높일 수 있는 방법이다. 단목생산에 의한 방법은 임분내에서 벌도, 가지자르기, 통나무 자르기 등 전체적인 조재작업을 실시한 다음 폐잔재를 수집하여 임도변이나 토장까지 운반·집재하는 방법으로 주로 인력작업에 의존하는 방법이다.

현재 단목생산에 의한 산지폐잔재 수집시스템이 대부분이고 전간재나 전목생산에 의한 방법은 일부 국유림이나 또는 기계화 시범사업 등을 통해 제시되고 있을 뿐 일반화 되지 못하고 있는 실정이다. 산지폐잔재를 효율적으로 수집하고 이용하기 위해서는 전간재나 전목생산에 의한 방법을 도입하는 것이 필수적인 것으로 생각된다.

현재와 같이 인력위주의 단목생산에 의한 집재의 경우 폐잔재를 수집하기가 상당히 어려운데 이는 수집비용이 벌채 등 생산비를 훨씬 상회하기 때문이다. 이에 따라 사실상 산림작업 현장에서 소경재는 그대로 폐기 처분되고 있다. 물론 차두송외 3인(2002)이 지적하고 있듯이 숲가꾸기사업의 활성화를 위해 수집산물을 적극적으로 이용할 수 있도록 칩이나 톱밥 등을 생산하기 위한 장비를 국가 보조형태로 구입하여 사용하고는 있으나 이는 시범사업에 불과할 뿐 일반적으로는 활용되지 못하고 있다.

나. 산지폐잔재의 수집실태

산지폐잔재 가운데 현재 수집되어 이용되고 있는 것은 수집비용의 과다로 인하여 숲 가꾸기 공공근로사업에 국한되어 이루어지고 있으며, 수집된 산지폐잔재는 톱밥, 조사료, 원주목, 매각, 임산연료 등의 형태로 활용되고 있는 것으로 파악되었다. 수집되어 이용되는 산지폐잔재는 2002년에 약 67천㎥으로 파악되었으며, 수집된 산지폐잔재의 주요 용도는 원목매각, 톱밥, 임산연료 등이다. 임업연구원의 연구결과(2000)에 따르면 재활용되고 있는 산지폐잔재의 용도로는 지주목, 톱밥제조용, 화목 등의 순이다. 따라서 실제 발생되는 산지폐잔재 가운데 수집되어 활용되는 경우는 숲 가꾸기 공공근로사업의 경우 2000년에 49.5%

수준이었으나 최근에는 민유림을 중심으로 용도개발이 되지 않아 수집량이 줄어들고 있는 추세이다.

표 2-8 산지폐잔재의 활용용도별 수집량

단위 : ㎥

년 도 / 용 도	1998	1999	2000	2001	2002	합계
톱밥	9,845	36,714	36,845	29,848	13,059	126,311
조사료	-	919	941	504	539	2,903
원주목	477	1,845	7,287	5,147	4,086	18,842
매각(원목)	6,266	37,945	43,381	30,952	20,799	139,343
임산연료	27,182	42,801	42,618	42,312	28,038	182,951
합계	43,730 (16,548)	120,224 (77,423)	131,072 (88,454)	108,763 (66,451)	66,521 (38,483)	470,350 (287,359)

주: ( )안은 임산연료용으로 활용되는 산지폐잔재를 미포함한 경우임.
자료: 산림청(2002)

특히 일반 육림사업이나 목재벌채허가사업의 경우 전적으로 인력에 의한 벌채에 의존하고 있어 산지폐잔재가 거의 수집되지 않고 있는 상태이다. 산지폐잔재의 이용실태조사결과 말구직경이 7~15cm이하의 폐잔재는 톱밥·칩 등으로 일부 활용되고 있으나 직경 6cm 이하의 작은 나무, 간벌재와 주벌재의 초두목, 가지목은 거의 전량 폐기되고 있었다.

산지에서 폐기되는 폐잔재 발생량도 16~20%에 달하는 것으로 조사되었다. 강릉, 삼척, 영월, 정선, 단양, 구미 등 6개 국유림관리소의 임목 부위별 폐잔재의 수집실태를 조사한 결과 수집물량의 96%가 줄기(수간)이며, 초두부 2%, 가지 1%, 잎 1% 정도로서 사실상 줄기이외에는 산지에서 폐기되고 있는 실정이다.

말구직경 7~15cm의 산지폐잔재 활용이 강구될 필요가 있으나 이를 위해서는 부가가치의 증진을 통한 생산비용을 만회하는 방안이 요구된다. 이러한 측면에서 볼 때 부가가치가 높은 목탄 등을 생산하는 방안의 검토가 필요하다. 그러나 간벌·주벌작업방식으로 보아 폐잔재를 벌채작업과 별도로 조제 활용할 경우 생산가(임금, 집재, 운반비 등)가 시장가를 훨씬 상회하여 경제성이 없으므로 벌재작업과 동시에 산지현장에서의 가공이 필수조건임

을 거듭 확인하였다. 그러므로 현행 간벌 및 주벌작업시 벌채목 수집시스템을 현행 인력위주에서 전간재 또는 전목집재시스템으로의 전환이 요구된다.

폐잔재의 성상은 간벌·주벌시 소경목, 불량목과 가지목이 주류이므로 탄화장치의 규모와 사양검토에 있어 중요한 고려사항이 되어야 할 것이다. 또한 최근 남부지방을 중심으로 소나무재선충의 피해가 속출하고 있으며 현재 실행되고 있는 방재방법은 피해목 약재훈증처리나 소각로에 의한 소각처리에 불과한 실정이다.

따라서 이동식탄화로 장치에 의한 피해목의 탄화방법이 자원활용의 측면에서 적극 검토되어야 할 것이다.

2. 일본의 산지폐잔재 수집·활용사례

가. 일본 長野縣의 간벌 보조금사례

일본 長野縣의 산림은 약 106만ha로서 縣토지면적의 78%를 점하고 있으며, 이 가운데 약 64%인 68만ha가 민유림으로 민유림 중에서도 삼나무(스기), 낙엽송(카라마쯔) 등 인공림이 48%인 약 33만ha정도 되는데 이 인공림을 보전하고 잘 기르기 위해서는 간벌 등 적극적인 산림관리가 필요한 실정이다. 특히 인공림의 53%인 약17만ha에 달하는 31년생 이상 삼나무와 낙엽송에 대하여 간벌에 의한 산림의 정비와 산지폐잔재를 줄이기 위한 목재의 반출·이용이 가장 큰 과제로 되어 있다.

현재 일본은 농산촌지역의 고령화 및 인건비의 상승, 국내 목재가격의 하락 등 임업을 둘러싼 경제사회적 여건이 악화되고 있어 산림의 공익적 경제적 기능을 활성화시키기 위한 간벌 등 산림관리 작업을 적절히 실행하기 어려운 실정이다. 이러한 실정을 감안하면서 간벌 등 산림관리 작업을 대대적으로 실행하기 위해 2001년부터 간벌보조율을 대폭 상향조정하여 운용하고 있다. 즉 실질보조율을 긴급간벌사업의 경우 72%→81%, 기타 공공조림사업은 68%→76.5%로 상향 조정하여 운용하고 있다.

보조사업에서 특이한 점은 개인 소유 산주라고 하더라도 간벌을 장려하기 위해 임도로부터 200m이상 떨어진 임지에서 간벌작업으로 발생한 목재도 반출을 촉진할 수 있도록

보조금을 지급하고 있다. 즉 가능한 한 간벌재는 임지내에 두기보다는 임도변으로 반출을 하여 이용할 수 있도록 하고 있음을 알 수 있다. 이와 같이 산림작업의 개념은 우리와 같이 벌채와 함께 임내 정리를 함으로써 간벌 등 사업이 완료되는 것이 아니라 임도변으로 벌채목을 반출하여 놓는 것 까지를 포함한다는 것을 차이점으로 지적할 수 있다.

표 2-9 2002년도 간벌사업의 보조금 예(제경비율 0%, 조정인자 0%)

단위: 엔/ha

사업명	임령(년)	작업종	반출거리	표준단가	실질보조율	보조금액
緊急間伐	16~35	절 사	-	135,800	81% (사정계수) (1.8)	109,800
	16~35	반 출	200m미만	236,200		191,200
			200m이상	251,900		203,000
	36~45	반 출	200m미만	282,900		229,000
			200m이상	283,600		229,500
기타 공공조림 (삼림소유자 시업실행 장려사업)	16~35	절 사		135,800	76.5% (사정계수) (1.7)	103,500
	16~35	반 출	200m미만	236,200		180,400
			200m이상	251,900		192,600
	36~45	반 출	200m미만	282,900		216,000
			200m이상	283,600		216,900
	46이상	반 출	200m미만	299,500		229,000
			200m이상	338,700		258,000
縣單間伐	36~60	절사, 반출, 竹林정비 등		135,800	60%	81,400

주: 보조금: 표준단가×제계비율×간벌면적×조정인자×사정계수×보조율

자료: 長野縣. 2003.『2002年度 間伐事業の 補助金內譯』.

나. 간벌재 등 산지폐잔재의 반출 및 활용사례

長野縣의 최근 3년간 간벌사업의 실행에 따른 반출실적을 보면 간벌재적은 1999년 207,591㎥에서 2001년 358,824㎥으로 매년 24.3%씩 증가하였고 이와 같이 간벌재적이 늘어남에 따라 반출재적 또한 1999년 57,118㎥에서 2001년 81,852㎥으로 매년 14.4%씩 증가하고 있다. 반출재적이 증가하고 있는 원인에 대하여는 간벌의 중요성에 대한 국민의식증대와 국가보조금의 상향조정에 있다고 할 수 있다.

반출된 간벌재가 어떠한 용도로 이용이 되고 있는지를 2001년도 간벌재의 이용내역을 보면 가장 많은 용도로 이용이 된 것은 건축용으로서 제재·가공, 원목 및 집성재·합판 등의

표 2-10 長野縣의 최근 3년간 간벌재적, 반출재적 및 반출률

구 분	1999	2000	2001	연 증감률(%)
간벌재적(㎥)	207,591	257,425	358,824	24.3
반출재적(㎥)	57,118	70,341	81,852	14.4
반 출 률(%)	27.5	27.3	22.8	

자료: 長野縣. 2002.『2001年度 森林事業推進實積』.

형태로 약 39천㎥, 토목·공원사업용으로 제재·가공, 원목 등의 형태로 25천㎥, 칩형태로 제지용으로 13천㎥ 등으로 많이 이용이 된 것으로 나타났다. 기타 용도로는 녹화원예, 바이오매스에너지, 통나무집, 실내장식용 등으로 많이 사용이 되었고 목탄·목초 등 탄화이용으로도 38㎥이 사용된 것으로 나타났다.

표 2-11 長野縣의 2001년도 간벌재 이용내역

단위: ㎥

용도구분		이용					미이용 (절사)	합 계
		이용구분				이용 합계		
		제재 가공	원목	칩, 추비	기타 (집성재·합판등)			
건 축		29,490	237	-	8,780	38,507	-	-
토목·공원사업		500	24,858	-	-	25,358	-	-
족 장 목		-	571	-	-	571	-	-
포장·수송자재		840	-	-	558	1,398	-	-
농 업 용		-	-	-	-	-	-	-
제 지		-	-	12,712	-	12,712	-	-
기 타	녹화원예	-	2,193	-	-	2,193	-	-
	통나무집	-	264	-	-	264	-	-
	실내장식	-	296	-	-	296	-	-
	놀이기구	-	30	-	-	30	-	-
	탄화이용	-	38	-	-	38	-	-
	바이오매스용	-	456	-	-	456	-	-
	크리스마스트리	-	-	-	29	29	-	-
계		30,830	28,943	12,712	9,367	81,852	276,972	358,824

자료: 長野縣. 2002.『2001年度 森林事業推進實積』.

목탄·목초 등 탄화이용에 대한 관심은 최근 들어 친환경농산물 생산자재라든가 또는 건강식·음료 등에의 사용이 증가하고 있는데, 특히 소나무 재선충 발생이 일본에서도 크게 문제가 되어 벌채 즉시 소각하는 방식을 취했으나 근래에는 훈증을 하여 칩 등의 형태로 가공하여 공급하고 있으나 생산비의 증가로 산지에 방치하고 있는 것으로 나타나 목탄·목초를 생산하는 탄화적 이용도 고려하고 있다.

간벌재의 주택건축에의 이용확대와 공공사업에서의 적극적인 활용을 모색하기위해 간벌폐잔재를 이용한 주택용 자재 개발 및 생산유통가공체제 정비, 간벌재 수급정보유통망의 정비, 공공시설 및 공공사업에서의 목재수요 확보, 가축사료와 바이오에너지 등 신용도의 개발, 건축사와 소비자에게 간벌재이용에 관한 보급 및 선전활동을 충실히 전개해 나가는 것을 골자로 한 정책을 추진하고 있는 것으로 나타났다.

3. 산지폐잔재의 수집·활용상의 문제점

가. 전문가 조사결과

국유림 관리소에 근무하는 산림작업 관련 전문가를 대상으로 산지폐잔재의 활용상 문제점에 대하여 총 100명에 대하여 설문조사를 실시하였는데 회수율은 32%로서 32명이 응답하였다.

산림내 폐잔재의 존치에 대한 전문가들의 의식조사결과 거의 대다수가 조림·육림 등 산림작업과 산림보호·관리에 문제가 됨으로 산림내 폐잔재의 존치에 대하여 부정적인 견해를 보였으며 산지폐잔재의 완전한 제거보다는 적절히 산림내에 존치하면서 수집·활용해야 된다고 응답하고 있다. 이것은 어느 정도 산림내에 산림부산물이 존재해야 토양의 비옥도를 높일 수 있는 등 산림생태계의 건전성 확보를 위해 필요하다고 느끼고 있기 때문이다.

산지폐잔재 활용상의 문제점에 대한 우선순위에서 응답자의 대부분이 수집비용 과다를 가장 큰 문제점으로 인식하고 있었으며, 그 다음으로 폐잔재 용도개발 미흡과 수집 장비의 부족을 들고 있다. 다만, 이용가능자원의 부족이나 제품시장의 미발달 등에 대해서는 문제의 심각성을 상대적으로 낮게 인식하고 있었다.

표 2-12 산림내 폐잔재 존치에 대한 의식

구분	그렇다	보통이다	그렇지 않다	계
• 조림・육림작업시 문제	20	4	8	32
• 산림보호・관리시 문제	23	7	1	31
• 산지폐잔재의 제거는 생태계유지에 문제	12	9	10	31

주: 응답자 수가 다른 것은 미응답자가 있기 때문임

표 2-13 산지폐잔재 활용상의 문제점에 대한 우선순위 인식

구 분	1순위	2순위	3순위	4순위	5순위	계
• 수집비용과다	26	3	2		1	32
• 수집장비부족 실태	1	10	9	4	7	31
• 폐잔재용도개발미흡	3	11	8	8	-	30
• 이용가능자원 부족	-	4	7	10	9	30
• 제품시장의 미발달	2	3	4	8	13	30

주: 응답자 수가 다른 것은 미응답자가 있기 때문임

이러한 문제인식은 현행 산지폐잔재의 수집형태에서도 나타나고 있듯이 전적으로 인력에 의한 집재에 의존하고 있고 기계장비를 이용한 전목 및 전간재 방식의 수집은 거의 이루어지지 않고 있기 때문인 것으로 생각된다. 즉 산지폐잔재의 활용은 숲 가꾸기 사업에 의한 수집을 통해서 일부 이루어지고 있는 실정인데 이는 산지폐잔재의 수집・활용을 위해 요구되는 노동력 과다수요, 높은 수집비용 등으로 대부분의 산주들이 산지폐잔재의 수집을 기피하기 때문이다.

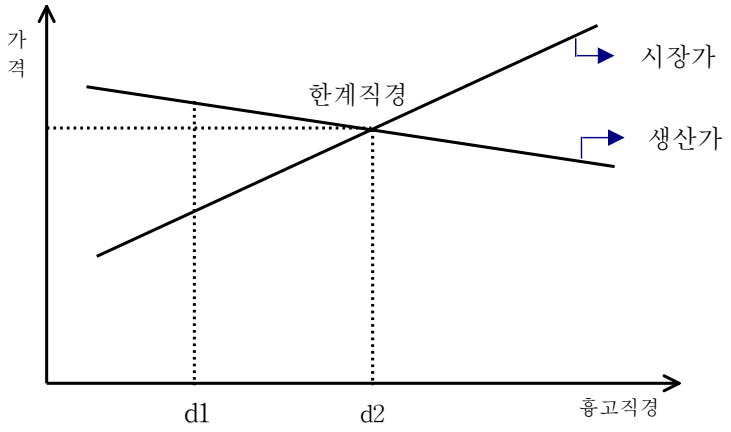
표 2-14 현행 산지폐잔재의 수집형태

구 분	빈도
• 인력이용	22
• 기계장비 이용 (전목 수집)	6
• 기계장비 이용 (전간재 수집)	4
계	32

즉 간벌 또는 주벌수확(벌채)작업방식은 현재 인력에 의존하여 산림내에서 임목의 벌채

와 동시에 조재를 하는 단재 생산방식이 주이다. 특히 불량목, 소경목 등 활용 가능한 산지폐잔재가 많이 발생하는 육림·간벌시 간벌재의 시장가 변동은 거의 없는데 비해 간벌재의 생산을 위한 생산비는 임금, 집재 및 운반비 등의 상승으로 수집할 수 있는 한계직경이 d1에서 d2로 점점 증가하여 현재에는 말구직경 15-16cm(흉고직경 17-18cm)이하는 기피하는 실정이다.

그림 2-1 흉고직경에 따른 생산비와 시장가의 관계



따라서 육림·간벌을 통해 생산되는 목재의 크기는 그림에서 흉고직경 d1에 해당됨으로 생산비가 간벌재 시장가보다 훨씬 높게 된다는 것을 알 수 있다. 현재와 같이 인력작업에 의할 경우 흉고직경 7cm이하의 간벌목은 1인 1일 약 1㎥정도밖에 생산이 어려운 반면 흉고직경 7cm이상은 1인 1일 약 2㎥정도가 가능하다. 하루 평균 노임은 5만원정도이고, 간벌목의 시장가가 ㎥당 25,000~30,000원에 불과한 점을 고려해 볼 때 사실상 인력에 의한 간벌목의 수집은 하기 어렵다는 것을 알 수 있다.

나. 산림작업의 분산화

육림·간벌 등 산림보육작업은 우량재 생산비율을 현격하게 증가시킴과 동시에 잔존 임분의 생장을 촉진하고 생태적으로 건강한 자원을 갖추는데 일조하고 있는 필수적인 작업이다.

이러한 산림보육작업이 집단적으로 발생할 경우 기계화 작업의 효율성을 높일 수 있고 또한 생산되는 산지폐잔재의 수집 및 활용을 위한 비용이 적게 든다. 그러나 현재에는 이들 산림보육작업이 동일 시·군지역내에서도 소규모로 여러 곳에 분산되어 이루어지고 있어 산지폐잔재의 수집 및 활용이 어렵다. 특히 인력작업에 의존하고 있는 현행 수확 및 집재시스템의 경우 임도나 운재로가 개설되어 있지 않으면 작업이 어려워지고 시설비가 많이 들어가게 됨으로 실질적인 산지폐잔재의 수집·활용은 기대할 수 없게 된다.

다. 유인제도의 부재

앞서 살펴본 바와 같이 산지폐잔재의 활용은 생산 수집비용의 과다로 현실적으로 산주 개인이 시도하기에는 어렵기 때문에 이러한 산지폐잔재를 생산 수집·활용하는데 있어서 이에 대한 정부차원의 지원이 요구됨에도 불구하고 수집에 대한 유인제도는 거의 없는 실정이다.

단지 2003년부터 기존의 숲가꾸기 공공근로사업이 일반 육림사업으로 전환되면서 기존의 숲가꾸기 공공근로사업에 따른 산물의 수집·활용 부분도 이에 포함되어 국고보조가 이루어졌다. 이후 산림자원관리가 산림으로부터 생산되는 경제적 산물을 중심으로 하는 협의의 산림자원관리개념에서 벗어나 건전한 산림생태계의 종합적 관리체제로 전환되면서 『지속가능한 산림자원관리지침(산림청 훈령 제785호, 2004.2.12)』이 마련되어 숲가꾸기 산물의 처리에 대한 지침이 제도화되었다.

이에 따라 숲가꾸기 사업후 재해가 우려되는 지역 즉 임도, 마을 등을 중심으로 30m이내 지역에 한정되어 산물을 수집·활용할 수 있도록 ha당 인공림은 710,571원, 천연림은 556,030원을 국고 50%, 지방비 40%, 자부담 10%로 보조하고 있다. 또한 산지폐잔재를 활용하기 위해 톱밥과 칩을 겸용하여 생산할 수 있는 산물활용장비(4,800만원상당)에 대해 국고 50%, 지방비 50%로 보조하고 있다. 결국 산지폐잔재의 수집은 숲가꾸기 사업후 재해우려지역을 중심으로 30m이내에만 가능하고, 산물의 활용용도도 톱밥과 칩에 국한되어 생산 장비에 대한 지원이 마련되었음을 알 수 있다.

제 3 장

목탄·목초액의 생산 및 이용실태

제1절 산지폐잔재의 국내외 이용현황

외국의 산지폐잔재 활용은 크게 원재료, 칩, 집성재 형태로 구분할 수 있는데 이 연구에서 다루는 산지폐잔재의 종류는 칩, 원목, 집성재 형태로 주로 이용되고 있다. 이와 같이 산지폐잔재의 활용은 잎, 초두부, 가지, 줄기 등 이용부위에 따라 활용용도가 다양하게 나타나고 있는데 과거에는 칩, 원목, 집성재 등과 같은 1차적인 목재이용에 관심이 집중 되었다.

표 3-1 산지폐잔재의 활용유형 및 용도

활용유형	이용부위	용도	비고
원재료 또는 칩	잎, 초두부, 가지	녹색퇴비	친환경자재로 활용 (유럽, 캐나다)
칩	줄기	퇴비 및 멀칭용	친환경자재로 활용 (유럽, 미국, 캐나다)
원목	가지, 줄기	목탄 및 목초액	연료 및 친환경자재로 활용(일본, 미국, 유럽)
집성재	줄기	목재 및 목탄	소경재의 활용(인니)

그러나 최근 친환경농자재의 중요성이 부각되면서 가지, 줄기(수간) 등 목재를 원료로 2차 가공 처리한 자연퇴비 또는 목탄 및 목초액 등의 활용이 미국, 캐나다, 유럽, 일본 등

선진국을 중심으로 활발히 진행되고 있는 것으로 나타났다. 인도네시아 잠비주에 대한 투자타당성조사 결과(한국 국제협력단・임업연구원, 2001)에 따르면 투자 가능한 소경재 가공산업으로서 목탄산업을 추천하고 있다. 이는 목탄이 소경재이외에 폐잔재까지 활용할 수 있고 가공공정에 비해 부가가치가 높기 때문이다.

우리나라의 경우 목탄・목초액이 친환경농업육성법시행규칙(농림부령 제1395호, 2001. 7.31시행) 제7조(친환경농산물의 생산을 위한 자재의 사용기준) 법 제16조 제2항의 규정에 의해 친환경농산물을 생산하기 위한 자재로 등록이 되어 사용되고 있다.

일본에서는 1986년 “지력증진법”의 시행령 일부를 개정하고 목탄을 “토양개량제”로 지정・사용토록 하고 있다. 또한 목탄이 가지고 있는 투수성・보수성・흡착성・지온 상승효과 등의 우수한 특성을 이용하여 연료이외의 새로운 용도 분야에서 사용되고 있다. 최근에는 농업, 축산, 생활환경, 수질개선, 공업 등 다양한 분야에서 사용되고 있다.

제2절 우리나라의 목탄・목초액의 생산 및 이용실태

1. 목탄・목초액의 생산 및 수급실태

우리나라 국내에 목탄・목초액 생산업체는 약 60개(2003.6.)로 대부분이 활엽수를 이용한 생산업체이고 대나무를 활용하는 생산업체는 4개인 것으로 나타났다.

목탄・목초액 생산량은 1998년에 목탄 1,956톤, 목초액 2,291톤을 생산한 이후 계속 생산량이 증가하여 2002년 현재 목탄 14,050톤, 목초액 14,000톤 정도를 생산함으로써 연간 목탄생산량은 124%, 목초액생산량은 102%의 증가율을 보이고 있다.

1999년부터 목탄・목초액 생산량의 비약적인 증가는 친환경농업생산자재로서의 수요 증가와 함께 기계식 생산공장 수가 크게 증가하였기 때문이다. 석현덕외 1인(1999)에 따르면 당시 9개의 기계식 생산공장을 제외하고는 대부분 재래식 숯가마형태의 소규모 영세업체에 불과하였으나 목초액이 식물생장촉진제, 소취제 등으로서의 효능이 입증되고 목탄의 토양개량에 대한 효과가 입증되면서 이에 대한 수요가 신장되었고 가동률이 증가하고 기계식 생산공장 수가 증가하면서 생산량이 급증하였다.

표 3-2 국내 생산업체 현황

단위: 개소

구 분	경기	강원	충북	충남	경북	경남	전북	전남	제주	합 계
전통식	7	14	13	2	8	1	1	3	-	49
기계식	2	2	-	-	2	2	-	2	1	11
합 계	9	16	13	2	10	3	1	5	1	60

자료: 임산탄화물협회 내부자료(2003. 6)

표 3-3 국내 목탄·목초액의 생산 추세

단위: 톤, %

구 분	1998	1999	2000	2001	2002	연간 증감률
목 탄	1,956	4,284	8,362	12,340	14,050	124
목초액	2,291	4,663	7,649	12,470	14,000	102

자료: 임산탄화물협회 내부자료(2003.6)

표 3-4 목탄 수급실태

단위: 톤, %

구 분		1998	1999	2000	2001	2002	연간 증감률
공급	생산	1,956	4,824	8,362	12,340	14,050	124
	수입	48,433	70,309	94,816	99,913	114,393	27.2
수요	소비	49,386	74,693	102,840	112,012	128,190	31.9
	수출	1,003	440	338	241	253	▲85.0
수급량		50,389	75,133	103,178	112,253	128,443	31.0
자급율		3.9	6.4	8.1	11.0	10.9	

자료: 한국임산탄화물협회 내부자료(2004.4), www.kita.net

표 3-5 목초액 수급실태

단위: 톤, %

구 분		1998	1999	2000	2001	2002	연간 증감률
공급	생산	2,291	4,663	7,649	12,479	14,000	102
	수입	181	319	186	177	204	2.5
수요	소비	2,472	4,977	7,808	12,532	14,127	94.3
	수출	-	5	27	124	77	-
수급량		2,472	4,982	7,835	12,656	14,204	94.9
자급율		92.7	93.6	97.6	98.6	98.6	

자료: 한국임산탄화물협회 내부자료(2004.4), www.kita.net

목탄·목초액의 수급실태를 보면 목탄의 경우 국내 생산량과 수입량이 증가한 반면 수출량이 감소하고 있다. 이는 국내에서 환경과 건강에 대한 관심의 고조로 목탄이 농업용과 산업용, 공예용 등으로 많이 사용되기 때문인 것으로 생각된다. 즉 국내 과수농가나 채소농가가 농업용 토양개량제로 사용량이 증가하고 있을 뿐만 아니라 장판, 벽지, 베개, 방석 등 산업용으로도 많이 사용되고 있다.

국내 목탄수요량의 대부분은 수입(인도네시아, 말레이시아, 중국 등)에 의존하고 있으나 국내 생산량이 늘어나면서 2002년 현재 자급율은 11%수준을 유지하고 있다.

목초액은 목탄 생산과정에서 발생하는 연기를 냉각시켜 얻는 부산물인 액체이나 부가가치가 목탄보다 높고 수요가 급증하면서 국내 수요량의 거의 대부분을 내수생산에 의해 충당하고 있다. 이에 따라 수입은 미미하며, 수출은 거의 없는 것으로 나타났다. 총수요량의 98%이상을 국내 생산에 의해 충당하고 있다.

2. 목탄·목초액의 이용실태

목탄은 다공성으로 흡착성이 크고, 알칼리성이며 미네랄을 포함하고 있다. 전통식의 경우 숯가마에 원목을 넣어 생산하고 있으며, 기계식은 탄화로에 목재칩을 넣은 후 가열하여 생산한다. 목초액은 목탄을 생산하는 과정에서 얻어지는 부산물로서 산성이며 약 200여 가지의 유효성분을 포함하고 있고 생리활성물질로서의 특성을 가지고 있어 다양한 용도로 사용된다. 목초액의 경우 생산초기 즉 연기를 냉각시켜 얻은 액체상태를 조목초액 이라고 한다. 이를 일정기간 즉, 약 6개월 정치한 것을 정제 목초액 이라하고 증류장치에 의거 증류시킨 것을 증류 목초액 이라 한다.

목탄·목초액의 사용 용도는 <표 3-6>에서 보듯이 농업, 축산, 양어, 의약, 공업, 기타 등의 여러 산업분야에서 매우 다양한 용도로 활용되고 있다. 예를 들어 농업부문에서 목탄은 토양개량제, 목초액은 식물세포 활성제, 토양개량제 등으로, 축산부문에서는 사료첨가제 또는 탈취제로 사용되기도 한다.

농업용으로서 목탄·목초액은 친환경농산물생산자재로 등록이 되어 있다. 이에 따라 가장

많이 사용하고 있는 자재인 목탄・목초액 등 39종에 대해 사용방법(농진청 자원 51142-996호, 2002.10.12 공문시행)을 마련하여 대농민 지도시 참고자료로 활용토록 하고 있다.

표 3-6 목탄・목초액의 사용 용도

구 분	분야	사용 용도
목 탄	농업	토양개량제
	축산	사료첨가제(가축사료)
	양어	사료첨가제(양어사료)
	의약	지사제(정로환), 해독제
	공업	공업용 활성탄(정수기 등의 필터, 정수용, 침전용, 흡착제 등)
	기타	화장품 첨가물(참나무 잎을 원료), 탈취제, 공기정화제(냉장고, 자동차), 제설제(동해 예방)
목초액	농업	식물세포의 활성제, 토양개량제
	축산	동물사료 첨가제, 냄새제거제, 치료제(장염, 스트레스, 감기), 소독제
	양어	사료첨가제, 수질개선제
	원예	감농약제, 살균제, 제초제, 토양개량제
	의약	지사제(정로환), 모발재생제, 비듬제거, 무좀치료, 악성피부병(습진)치료,
	공업	미색 오염제거 등을 위해 염료와 혼합사용
	기타	훈제, 건강식품 첨가물, 천연 무공해 방부제, 무공해 탈취제(냉장고, 자동차, 옷장, 업소 등), 화장품

실제 농업부문에서는 감귤, 더덕, 국화, 감자, 방울토마토, 배추, 벼, 수박, 상추, 참외 등 다양한 작목의 재배에 목탄・목초액을 이용하고 있었고, 축산부문에서는 양돈, 양계, 한우 등의 사료에 첨가하여 사용하고 있는 것으로 나타났다[2]. 즉 대표적인 브랜드로서 “꿈의 쌀”, “활성탄 돼지”, “샘제골 한우” 등을 들 수 있다.

한편 친환경농업의 실천기반 조기정착을 유도하기 위해 친환경농업지구조성지, 친환경가족농단지, 친환경농업 시범마을 등을 선정하여 우선 지원하고 있는 지자체도 있다. 강원도의 경우 친환경농업육성을 위해 목탄・목초액의 이용과 관련하여 자체적으로 지원하고 있는 것으로 나타났다. 즉 재원부담은 보조 80%(도비:24%, 시・군비: 56%, 자부담: 20%), ha

2) 상세한 내용은 석현덕・장철수.1999.『소경목・불량목 등 목질계 폐자원을 이용하여 가공된 목탄・목초액의 농수축산업에서의 실용화 및 산업화 연구』를 참조.

당 지원금액은 1,100천원으로 ha당 지원기준은 목초액 40ℓ, 목탄 3,000kg이다. 지원단가는 목초액 100천원/40ℓ, 목탄 1,000천원/3,000kg이다. 지금까지 지원금액은 2001년에 142백만원에서 2004년 현재 209백만원으로 크게 증가하였다.

표 3-7 목탄·목초액 이용관련 법령 및 내용

관련 법령	내 용
친환경농업육성법시행규칙 제7조(환경농산물의 생산을 위한 자재의 사용기준, 농림부령 제1395호, 2001.7. 31)	· 토양개량과 작물생육 및 병해충관리를 위해 사용가능한 자재 → 목초액(산림법에 의거 고시된 규격 및 품질 등에 적합한 것) · 토양개량과 작물생육을 위해 사용 가능한 자재→나무 숯
비료관리법 제4조, 제11조(공정규격의 설정, 비료생산업의 등록 등)	· 부산물 비료: 재 · 제4종 미량요소복합비료: 목초액에 붕소, 아연 등 2종 이상 수용성으로 보증하여-관할 도지사에게 등록, 신청, 판매 허용 (단, 농진청 또는 공인시험 연구기관의 1회 이상 재배시험(비효 및 비해)결과성적서 첨부 등록(200.4.10. 농진청고시 제2000-7호개정)
사료관리법 제9조, 시행규칙 제4조(사료제조업의 등록, 보조사료의 범위등)	· 항응고제: 화이트카본, 블랙 카본, 활성탄 · 추출제: 목초추출물
식품위생법 제7조(기준과 규격)	· 목초액은 1998년 천연첨가물 공전에 스모그향으로 등록 되어 있음 - 관할 식품의약품 안전청장에게 식품 첨가물 제조업 영업허가 신청 가능
자원절약과 재활용촉진법 제31조(산업자원부기술표준원 공고 제2000-61호, 2000. 4. 24)(재활용마크 인증신청 등)	· GR(재활용품)마크 인증대상품목에 목초액을 탈취제로 인증 고시-기술표준원장에게 품질인증 신청서(제품의 기술개발, 성능, 용도 등)를 작성 신청
산림법 제53조(임산물의 규격고시), 임업연구원고시 제2001-42호, 2001.5.18	· 목초액 품질규격고시-수종, 보매비중, 산량, 굴절률, 용해타르, 색깔 등 범위규정
임업 및 산촌진흥촉진법 제11조(임산물의 품질인증 등) 및 시행규칙 제8조(임 산물의 품질인증대상품목)	· 목탄·목초액을 품질인증 대상품목으로 지정하여 2004.7.1부터 품질인증제를 시행

목탄·목초액의 이용관련 현행 법령은 <표 3-7>과 같다. 표에서 보는 바와 같이 친환경농업육성법, 비료관리법, 사료관리법, 식품위생법, 자원절약과 재활용촉진법, 산림법, 임업 및 산촌진흥촉진법 등에서 이들에 관해 언급하고 있다. 이와 같이 목탄·목초액은 다양한 분야에서 널리 사용되고 있음을 나타낸다.

이러한 점들을 종합적으로 감안할 때 환경에 대한 관심의 증대와 함께 저농약, 무농약

등 친환경농업에 대한 요구가 커지면서 환경자재로서의 목탄·목초액에 대한 수요는 계속 증가할 가능성이 매우 높다고 할 수 있다.

제3절 일본의 목탄·목초액 이용실태

1. 일본의 목탄·목초액 수급실태

일본의 목탄·목초액 생산과 관련되어 정확한 자료가 없기 때문에 일본 임야청(2004)에서 공식발표한 "2003년의 주요특용임산물의 생산동향(임야청 홈페이지 참조)"에서 목탄의 수급실태를 살펴볼 수 있다. 최근 5년간 일본의 목탄 소비량은 2000년에 185천톤을 기점으로 감소하였다가 2003년에 다시 178천톤으로 약간 회복세를 보이고 있다. 수출은 1999년 123톤에서 2003년에 5천톤으로 연간 805%씩 증가하고 있다.

표 3-8 일본의 최근 5년간 목탄의 수급실태

단위: 톤

구 분		1999	2000	2001	2002	2003	연간 증감률
공급	생산	66,946	56,456	51,878	42,249	39,715	▲8
	수입	117,797	129,440	131,659	135,118	144,135	4.5
수요	소비	184,620	185,698	182,723	172,736	178,775	▲0.6
	수출	123	198	814	4,631	5,075	805
수급량		184,743	185,896	183,537	177,367	183,850	-
자급율		36.2	30.4	28.3	23.8	21.6	

주: 소비는 생산량+수입량-수출량임

자료: www.rinya.maff.go.jp

공급측면에서는 국내 생산이 1999년 66천톤에서 2003년에 39천톤으로 매년 8%의 감소를 보인반면, 수입량은 1999년 117천톤에서 2003년 144천톤으로 매년 4.5% 증가한 것으로 나타났다. 주요 수입국은 중국, 인도네시아, 말레이시아 등이다. 수입의 증가에 따라 일본의 자급율은 1999년 36.2%에서 2003년도에 21.6%로 4.6% 하락하였다.

표 3-9 일본의 주요 목탄생산지(2001년 기준)

단위: 톤

순위	도도부현(都道府縣) (일본의 행정구역)	생산량	순위	도도부현(都道府縣) (일본의 행정구역)	생산량
1	이와테 현(동북지방 북동부)	5,736	6	미야자키	775
2	홋타이도(킨키지방남부)	4,126	7	쿠마코토	642
3	와카야마현 (키이반도의 남서안에 있는 현)	1,722	8	토 치 키	593
4	후쿠시마현 (동북지방 최남부)	1,225	9	쿤 마	466
5	코우치현(시코쿠의 남반부)	990	10	미야시로	406

자료: www.rinya.maff.go.jp

주요 생산지는(2001년 기준) 표에서 보는바와 같이 동북지방 북동부에 위치한 이와테현이 가장 많은 5,736톤, 킨키지방남부의 홋타이도가 4,126톤, 키이반도의 남서안에 있는 와카야마현이 1,722톤, 동북지방 최남부에 위치한 후쿠시마현이 1,225톤으로 상위 1~4위를 점하고 있다.

2. 일본의 목탄·목초액 이용실태

일본에서의 목탄·목초액 이용은 매우 다양한 것으로 보고되고 있다. 최근 일본 전국연료협회가 일본에서의 신용도 목탄과 목초액의 수요동향을 『특산정보(2002.12)』에 발표한 바 있다. 이 자료에 따르면 목탄의 용도는 농업용, 골프장용, 조습용, 축산용, 양식용, 녹화·원예용, 매탄용, 水처리용, 선도유지용, 소취용, 취사용, 음료수용, 침구베개용, 융설용, 목욕용 등이 1999년 전체 판매량의 84.8%, 기타 15.2%, 2000년에 77.8%, 22.2%, 2001년에 83.6%, 16.4%등인 것으로 나타났다.

농업용의 경우 1999년에 전체 판매량의 30.6%이였으나 2001년에는 1999년 대비 3.1%가 감소한 27.5%로 나타났다. 축산용의 경우 2001년에 전체판매량의 8.8%인 2,997.8톤으로 1999년 대비 13.5%가 감소한 것으로 나타났다.

표 3-10 일본의 용도별 목탄판매실적(1999~2001)

구 분	1999		2000		2001	
	수량(톤)	비율(%)	수량(톤)	비율(%)	수량(톤)	비율(%)
농업용	15,552.8	30.6	13,675.7	27.5	9,317.8	27.5
골프장용	2,049.9	4.0	1,338.0	2.7	1,017.8	3.0
조습용	9,107.3	17.9	7,272.5	14.6	8,838.2	26.1
축산용	11,346.8	22.3	10,623.3	21.4	2,997.8	8.8
양식용	240.0	0.5	354.0	0.7	255.1	0.7
녹화・원예용	1,803.9	3.6	1,109.2	2.2	1,924.7	5.7
매탄용	429.4	0.8	1,077.1	2.2	905.7	2.7
水처리용	241.7	0.5	149.4	0.3	175.7	0.5
선도 보식	207.6	0.4	144.5	0.3	160.5	0.5
소취용	283.2	0.6	435.1	0.9	421.1	1.2
취사용	311.6	0.6	249.8	0.5	264.9	0.8
음료수용	318.6	0.6	272.1	0.5	244.3	0.7
침구베개용	406.6	0.8	378.9	0.8	271.8	0.8
융설용	259.5	0.5	1,123.4	2.2	1,116.8	3.3
목욕용	547.6	1.1	512.6	1.0	428.7	1.3
기 타	7,728.7	15.2	11,040.9	22.2	5,569.8	16.4
합계(판매량)	50,835.1	100.0	49,756.5	100.0	33,910.7	100.0

자료: 全國燃料協會. 2002.12.『特産情報』

반면 건축조습용으로의 수요가 크게 확대되고 있다. 1999년에 전체 판매량의 17.9%인 9,107.3톤이었으나 2001년에는 전체 판매량의 26.1%인 8,838.2톤이 건축조습용으로 판매가 되었다. 이외에도 이용량은 적으나 점차 수요가 늘어나고 있는 용도는 녹화・원예용, 매탄용, 소취용, 융설용, 목욕용 등을 들 수 있다.

목초액은 농업용, 골프장용, 축산용, 사료첨가용, 기피제용, 건강청량음료용, 소취용, 식품첨가용, 목욕용, 소독용, 녹화・원예용 등에 주로 이용이 되고 있으며, 1999년에 전체 판매량의 99.3%, 2001년에는 99.6%가 이들 용도로 사용이 되었다. 가장 많은 목초액의 소비는 농업용으로 1999년에 전체판매량의 47.9%인 1,837.4톤, 2001년에 전체판매량의 57%인 4,914.8톤이 판매되었다.

사료첨가용, 기피제용 등은 판매량이 계속 감소하고 있으며, 축산용, 골프장용 등은 전체 판매량 대비 비중은 낮아지고 있으나 판매량은 증가하고 있다. 즉 축산용은 1999년 404.1톤

으로 전체 판매량 대비 10.5%이였으나 2001년에는 688.3톤으로 판매량은 증가했으나 전체 판매량 대비 0.3%에 불과하다.

반면 목초액의 목욕용으로서의 판매는 계속 증가하고 있다. 즉, 1999년 228톤으로서 전체판매량의 5.9%에 불과했으나 2001년에는 1,407.3톤으로 전체판매량의 16.3%를 점유하고 있다.

표 3-11 일본의 용도별 목초액 판매실적(1999~2001)

구 분	1999		2000		2001	
	수량(톤)	비율(%)	수량(톤)	비율(%)	수량(톤)	비율(%)
농업용	1,837.4	47.9	5,232.3	65.1	4,914.8	57.0
골프장용	16.9	0.4	7.7	0.1	22.5	0.3
축산용	404.4	10.5	412.1	5.2	688.3	0.3
사료첨가용	520.9	13.6	530.8	6.6	142.4	1.6
기피용	75.7	2.0	66.1	0.8	28.6	0.3
건강청량음료용	257.9	6.7	861.6	10.8	800.9	9.3
소취용	130.5	3.4	264.6	3.3	254.4	3.0
양품 첨가용	250.6	6.5	267.1	3.3	294.5	3.4
목욕용	228.0	5.9	349.3	4.3	1,407.3	16.3
소독용	91.8	2.4	3.7	0.0	32.7	0.4
녹화・원예용			1.3	0.0	1.0	0.0
기 타	26.6	0.7	41.5	0.5	34.6	0.4
합계(판매량)	3,840.7	100.0	8,038.1	100.0	8,622.0	100.0

자료: 全國燃料協會. 2002.12.『特産情報』

이상에서 보는바와 같이 목탄의 사용은 농업용 축산용 등 전통적인 수요처의 사용이 감소한 반면 새로운 수요처로서 건축조습용, 목용용, 소취용 등으로의 사용이 증가하고 있다. 목초액은 목욕용으로의 사용이 크게 늘어나고 있고 또한 소취용, 골프장용, 축산용으로의 사용이 늘어나고 있는 반면 농업용, 사료첨가용, 건강식료용 등 종래 수요의 중심을 차지했던 산업소재로서의 수요가 감소하고 있다. 그러나 여전히 농업용으로서의 소비는 절대적으로 많은 양을 차지하고 있다.

농업용으로서 목탄은 과일이나 채소, 그리고 화훼 등의 저장시 신선도를 오랫동안 지속시켜주는 신선도유지제로서 각광을 받고 있으며, 토양개량제는 목탄의 가장 일반적인 이용으로서 쌀은 물론이고 파, 그리고 토마토 등과 같은 채소류뿐만 아니라 소나무, 대나무, 삼

나무 등과 같은 수목의 재배에도 이용되고 있다.

<표 3-12> 는 다양한 작물에 대하여 목탄을 토양개량제로 이용한 경우의 효과를 나타내는데 농약사용의 절감, 수확량의 증대, 생장력의 증대, 맛의 향상 등 다양한 효과를 보이고 있는 것으로 나타났다.

표 3-12 토양개량제로서의 이용효과

구 분	실 험 방 법	실 험 결 과
쌀	여름에 냉해를 입는 지역에서 밭을 갈 때 3mm이하의 목탄가루를 acre 당 50kg 뿌려줌	토양의 기온이 상승하였고 줄기수가 늘어남으로서 수확이 증가됨
파	밭을 20cm깊이로 판 뒤, 1-5 mm 크기의 목탄가루를 acre당 50파운드(파낸 토양의 약 0.25%)를 뿌림	생산량이 증가하였고 장마에 의한 피해가 급격히 감소되었음
콩	목탄 500mg/㎡ + 칼슘인산 5g/㎡	목탄과 칼슘인산을 함께 이용했을 때 균근은 4.6배가 증가하렸고 콩의 생산량이 7배가 증가되었음
일 본 감 자	갈아엎은 토양의 0.1%-0.2%에 해당하는 입자크기 1-5mm의 목탄을 뿌려줌	목탄을 이용했을 경우 농약의 이용을 67% 줄였으며 감자의 수확량이 늘어났고 또한 맛도 향상되었음
토마토	입자크기 1-5mm의 목탄을 acre당 28kg 뿌려줌	꽃봉오리수의 증가. 농약이용의 50% 감소. 네 번째 수확부터 토마토의 크기가 커짐. 맛의 향상. 시드는 현상이 감소됨
멜 론	입자크기 1-5mm의 목탄을 acre당 56kg 뿌려줌	당분함유량이 16%에서 19%로 증가. 시드는 현상이 줄어듬. 신선도의 유지 및 증진. 맛의 향상. 과일크기의 증가
딸 기	묘종 당 목탄가루 50g	줄기가 짧아짐. 색상의 향상. 당분함량 및 수확의 증가. 수확기간의 증가
일 본 양고추 냉 이	입자크기 0.5-2 cm의 백탄을 이용	뿌리의 무게가 두배로 증가. 물이 불충분해도 잎이 건강함. 봄과 여름에 생장력이 빠름
茶	모탄과 목초액 그리고 용해성알루미늄 소금과 유기질비료를 섞어서 이용. 20kg/acre	근류박테리아의 증가. 뿌리생장의 향상. 열매수확의 증가
잔 디	입자크기 1-8mm의 목탄 135kg을 모래 2.25㎥ 과 섞어서 뿌리고 토양을 입힘	잔디와 새순의 성장이 향상됨. 겨울에 잔디의 시드는 기간이 한달 줄어듬. 농약유출의 방지
소나무	그루 당 1-4kg을 이용	수고 및 무게가 매우 증가
일 본 삼나무	1m x 1m, 깊이 30cm의 토양을 파낸 뒤 1kg의 목탄과 섞어서 묘목을 심을 때 이용	수고와 무게가 매우 증가하였고 뿌리직경도 증가

구 분	실 험 방 법	실 험 결 과
녹나무	병에 걸린 녹나무의 뿌리주변에 1250kg의 굵은 목탄과 100kg의 미세한 목탄을 깔아줌	1년후 병의 회복속도가 현저하였으며 수고와 흉고직경도 늘어났음
대나무순	대나무숲을 are당 25-30본을 남겨두고 벌채한 뒤 대나무 목탄을 ㎡당 300-100g 뿌려줌	토양온도가 1-2℃ 상승하였고 대나무순이 6-12일 먼저 발생하였으며, 대나무순 수확량이 증가
소나무숲의 쇼로버섯	㎡당 목탄가루 200-300g 이용	버섯 수확량의 증가 및 소나무질의 향상
국화	야자열매껍질의 목탄을 토양과 배합(10%)하여 국화에 이용	새로운 가지의 발아가 늘어나고 보다 건강해 보임

자료: 角中正也(1991),『環境を守る炭と木酢液』.

제 4 장
산지폐잔재의 활용을 위한 조립식 탄화장치의 개발

제1절 조립식 탄화장치의 적정모델과 규모

1. 장치의 기본요건과 기술 특성

가. 장치의 기본요건 정립

우리나라 산지폐잔재의 발생 실태조사 결과 나타난 산지폐잔재를 현장에서 처리하기 위하여 다음 요건을 충족할 수 있는 장치로 개발·보급하여야 할 것이다. 이 연구에서 추구하는 조립식 탄화장치의 기본요건은 첫째, 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.

나. 장치의 기술적 특성

개발하고자 하는 한국형 이동식 조립식 탄화장치의 기술적 특성을 검토한 결과 첫째, 산지폐잔재를 영림현장에서 직접탄화 → 폐쇄시스템(Closed System)으로 한다. 둘째, 이동

식·조립식으로 이설이 용이한 장치 → 운반단위로 분해·조립해야 한다. 셋째, 착화와 탄화시간을 단축하고 조절하는 기능을 확보해야 한다. 즉, 덮게와 통풍구의 풍량조절장치를 설치하여, 착화시간은 1~2시간, 탄화시간은 18~34시간을 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.

2. 적정모델의 설정

우리나라 산지폐잔재의 성상과 특성 그리고 간이탄화법의 특성상 장치의 규모는 많은 제약을 받으나 조사된 기술 자료와 간이시험결과를 검토하여 결정하였다. 먼저 일본, 브라질 등 해외에서 일부 활용되고 있는 이동식 간이탄화로의 생산규모를 검토한 결과를 종합하면 다음과 같다.

가. 조립식 O자형 탄화로

U자형강판을 조립한 탄화로로서 일반적으로, 규격은 폭65cm×길이65㎝×높이65㎝ 정도이며 주로 대나무, 잡목탄화에 적합하다. 탄재투입량은 약 200kg/B(Batch) 수준이다. 장치의 용량을 증대할 경우에는 최적연소조건을 유지하기가 어려운 점이 있으며, 총 탄화소요시간은 점화-착화-탄화-냉각-출탄의 전공정에 약 24시간이 소요되어 비교적 짧아 생산성은 양호한 편이다. 단, 이 설비의 단점은 이동성이 없는 고정식이라는 점이다.

나. 가반식탄화장치(可搬式炭化爐)

일본에서 시도된 장치로서 스텐리스강판으로 제작된 4각형 탄화장치로 운반용대차가 설치되어 이동이 용이한 장치이다. 장치의 크기는 일반적으로 폭80cm×길이1.5m×높이104.5㎝로서 탄재처리용량은 200~300kg/B로 용량은 다소 큰 편이다. 1회 처리에 소요되는 총탄화시간은 약40~45시간 소요되며, 장치는 벽면이 2중 구조로 되어있어 탄화물의 품질도 양

호하고 용량도 큰 편이어서 경제성이 있다. 이 설비도 역시 평지에서의 이동성은 좋으나 산지현장에서의 분해·조립은 불가하다는 단점이 있다.

다. 드럼통 탄화로

드럼통을 이용한 탄화장치로서 가장 원시적인 장치이며 직립식과 횡치식 두 가지가 있다. 설비비가 적어 숯굽기 취미·레저용이라 할 수 있으며 탄재처리량도 30~50kg/B로 적으며 밀폐식 운전이 불가능하여 산지에서의 활용에는 부적합하다.

라. 원통형 이동로

다단식 원통형 탄화로이며 Stainless steel제 원통을 직립식으로 조립한 탄화로서 조립-분해-이동의 편의성이 좋다. 장치의 규모는 직경 1,000~1,200mm, 높이 1,400~1,800mm로 탄재처리능력은 300~500kg/B 수준이다. 장치가 직립식이고 원통형이라는 특성 때문에 용량에 제약을 받으며, 총탄화소요시간은 24~36시간/B 정도이다. 소경목과 가지목이 주류인 간벌재 폐잔재의 처리에 활용할 수 있다.

마. 복소식 철판조립식탄화로

복소식 철판조립식 탄화로는 일본 에히메대학에서 연구중에 있는 장치로서 철판을 산지에서 조립하여 복소식으로 탄화하는 장치이며 산지현장에 맞추어 조립할 수 있는 형태이다. 일반적으로 폭 1,000~1,600mm, 높이 1,000~1,200mm, 길이는 2,000~3,000mm까지 연장할 수 있어 탄재처리용량도 다양하게 설계할 수 있는 장점이 있다. 로벽은 단열재로 보강하여 고품질의 목탄을 생산할 수 있으며, 총 탄화소요시간은 냉각시간이 길어 28~40시간이 소요된다. 장치의 특성상 중경목, 대경목과 불량목 처리에 적합하므로 간벌재의 중·대경목과 소나무재선충 피해목의 탄화에 적합하다. 장치의 특징은 연소실의 길이를 조정하여 처리용량을 다양하게 설계할 수 있다는 점이다. 단점으로서는 현장작업이 복잡하고 단열재시공 등 많은 현장작업이 수반된다는 것이다.

바. 적정모델의 설정

상술한 바와 같이 여러 가지 형태의 이동식탄화설비를 검토하고 기술적 자료를 분석한 결과 장치의 이동성, 편의성, 생산능력과 제품의 품질 등을 고려한 결과 원통형탄화장치가 한국형 조립식 탄화장치 모델로서 적합한 것으로 판단하였다. 철판 조립식 탄화장치는 중·대경목이나 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.

표 4-1 각종 이동식 간이탄화로의 형태별 처리능력과 특성 비교

항목 / 장치	처리능력 (kg/B)	총탄화시간 (시간)	목 탄 품 질	산지에서 조립가능성	특 징
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

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.

3. 원통형 탄화장치의 적정규모

가. 간이시험의 실시

한국형 조립식 탄화장치의 개발에 있어 적정모델과 규모에 관련한 기본기술사양을 연구검토하기 위하여 1차년도에 소형의 간이식 원통형 탄화로를 제작하여 시험을 실시하였다.

간이시험에 있어서는 다음사항을 중점적으로 검토하였다. 즉, 이동식탄화장치의 구조와 적정규모, 적정탄화방법과 탄화조건, 점화방식의 연구, 작업공정과 화재방지방안, 탄화소요시간과 생산품 품질수준검토 등에 관한 것이다.

1) 간이시험장치와 장소

간이시험장치는 소형원통형 조립식 탄화장치로서 지름1,200mm × 높이1,800mm, 3단식으로 제작하고 2002년 3월 17일부터 3월 24일까지 부산시 사하구(광진목재공장내)에서 실시하였다.

시험공시재료는 수종과 크기가 활엽수 간벌재와 유사한 수입활엽수(아조베50%+켐파스50%), 비중은 아조베 1.1, 켐파스 0.95, 수분율은 약 15%이고 형태는 제재폐재이다.

2) 시험결과

탄재가 건조되어 있어 착화·점화가 용이하였고 점화구를 설치하여 밀폐식 점화가 가능함을 입증하였다. 1회 소량시험이었으나 탄재투입-점화-착화-탄화-소화-출탄 까지 약 33시간이 소요되었다. 목탄의 품질은 양호하였으며, 정확한 수탄율 측정은 어려웠으나 약 20%정도로 추정된다. 시험결과 착화공정은 점화구의 설정이 좋았고 불쏘시게의 계속투입으로 착화가 용이하였다. 탄화로의 3단 구조와 연돌설치방법도 양호하였으며, 목탄의 품질·수율도 양호한 편이나 목초액은 공냉식으로 외기온도가 높아 채취량이 적었다. 시험결과의 문제점으로는 탄화로내 온도분포가 불균일하여 목탄의 품질향상을 위하여 탄화로의 보온을 검토할 필요가 있으며, 착화이후 탄화과정에서 연기의 발생량이 많으며, 목초액 채취공정으로 2차 냉각장치를 설치하여 연기의 발산을 최대한 방지할 방안이 필요한 것으로 나타났다.

시험결과 원통형이동로는 산지폐잔재의 현지처리에 적합하고 적정규모로 경제성도 확보할 수 있다고 추정된다. 다만 탄화공정에서 많이 발생하는 연기를 효율적으로 포집하여 목초액으로 회수하는 방안을 강화할 필요가 있는 것으로 나타났다.

나. 최적탄화조건의 검토

1차년도에 시행한 간이시험시설에 의한 간이시험결과를 기초로 적정 모델규모에 대하여 최적탄화조건을 검토하였다.

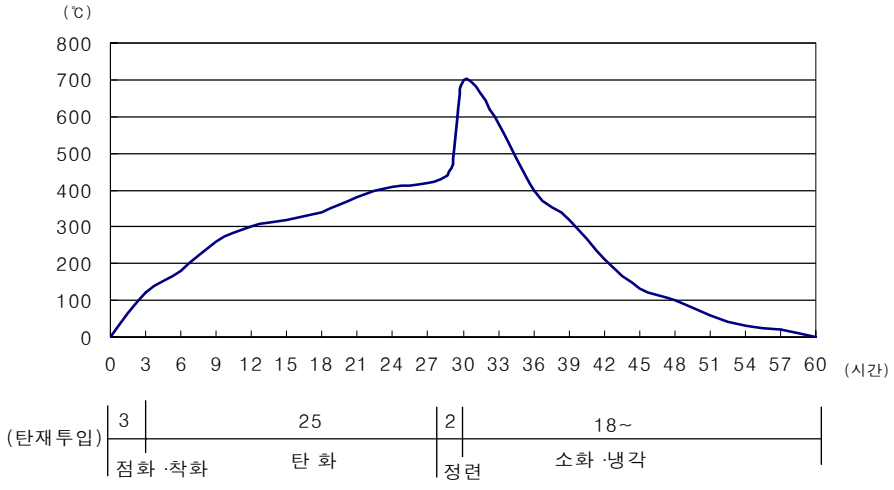
1) 최적탄화조건의 설정

○ 전제조건 :

- 탄재 : 참나무 폐재
- 탄화공정의 기본요건 충족
  - 탄화의 균일성과 목탄의 품질
  - 점화 → 착화 → 탄화 → 소화단계의 소요시간단축
  - 탄화온도의 적정화와 조절방법
  - 탄재투입과 출탄작업의 용이성
  - 최적탄화조건의 유지

간이시험결과에 따라 원통형 조립식 탄화장치의 표준탄화조건을 다음과 같이 설정하였으며, Pilot장치의 시운전 결과 적정 탄화조건으로 합당함을 확인하였다.

그림 4-1 원통형 조립식 탄화장치의 표준탄화조건



탄화조건은 벌재후의 잡목(참나무류)의 소경목을 대상으로 한 것으로 원료탄재의 수종, 수분율 및 탄재의 크기에 따라 다소 차이가 있다. 그러나 탄화온도의 승온곡선은 적정조건을 유지하였을 때 <그림 4-1>과 같이 되며 탄화공정별 예상소요시간과 온도조건은 다음과 같다.

점화·착화 : 120℃, 점화후 2~3시간

탄　　화 : 120℃~400℃, 착화후 18~26시간

정　　련 : 400℃~700℃, 약 2시간

소화·냉각 : 500℃~40℃, 20시간

2) 탄화온도 조정방법

- 점화·착화 : 탄재 투입후 덮개를 하고 점화구로부터 착화재를 투입후 로벽 온도를 측정하여 상부 로벽 온도가 100℃이상으로 고르게 나타나면 밀폐하고 배연상태를 주시한다.
- 보　　온 : 점화가 되면 로내 온도의 상승과 로내 분위기 온도를 균일하게 하기위하여 상단과 하단의 보온커버를 설치하고 로체와의 사이에 단열재로서 마른 모래를 채워 로내 분위기 온도가 고르게 상승하도록 한다.
- 탄　　화 : 배연구 주변온도가 120℃이상이 되고 4개 연돌로부터 배연이 고르게 나타나면 탄화가 시작되며 로내 온도를 측정하여 로내 온도가 고르게 탄화가 진행하도록 통풍구의 개도를 조절한다. 탄화로의 상부·중부·하부의 온도가 400℃ 근방에 접근하면 탄화의 최종단계에 이른다.
- 정　　련 : 탄화가 최종단계에 이르면 통풍구를 완전히 열어 약 2시간정도 정련이 진행되도록 한다. 이때 온도는 최고 700℃까지 이른다.
- 소화·냉각 : 정련후 탄화로 전체의 공기유입구를 막아 소화하고 냉각하는바 냉각시에는 탄화로의 보온판을 제거하여 냉각을 촉진한다.

다. 원통형 탄화장치의 적정규모

적정모델로 선정한 원통형 탄화장치의 적정규모는 상술한 최적탄화조건을 충족할 수 있는

범위 내에서 장치의 직경과 높이를 조절하고 탄화능력을 고려하여 결정해야 할 것이다. <표 4-2>는 탄화조건에 따른 원통형탄화장치의 적정 규모를 나타낸 것이다. 소형 원통형 탄화장치는 하단 직경 70㎝, 높이 1.1m, 중량 50㎏, 1회 원목투입량은 50~60㎏, 제탄량은 7~10㎏ 정도이다. 미니형 소규모장치로서 가정 또는 취미활동에서 이용할 수 있는 설비이다.

중형장치는 하단 직경 1.2m, 높이 1.7m, 중량 120㎏, 1회 원목투입량은 400~500㎏, 제탄량은 45~80㎏ 정도이다. 과수원이나 농장 등 소량의 폐목재가 발생하는 곳에서 활용할 수 있는 설비로서 처리능력이 적고 수탄율이 낮아 경제성이 없음을 알 수 있다. 대형장치는 하단 직경 2m, 높이 2.4m, 중량 200㎏, 1회 원목투입량은 1.4~1.5톤, 제탄량은 200~300㎏ 정도이다. 따라서 산지폐잔재의 대량처리와 어느 정도의 경제성을 확보할 수 있는 규모로서 대형이어야 한다고 판단된다.

표 4-2 원통형 탄화장치의 탄화조건별 적정규모

규 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

제2절 Pilot 장치 설계, 제작 및 시운전

1. Pilot 장치의 설비사양

한국형 조립식 탄화장치는 다음과 같은 설비특성을 갖추어 산지폐잔재를 활용한 이동식 탄화로 로서의 기술적 요건을 충족하도록 설계하였다. 즉 구조적 특성은 첫째, 이동식으로 로체 3단과 덮개 1단의 조립식 장치로 설계하였다. 둘째, 상단 덮개에 점화구를 설치하여 밀폐식 점화방식으로 하며, 셋째, 분해된 각 부위의 단위중량을 최소화하여 이동-조립-해체가 용이하도록 하였고, 넷째, 무동력설비로 활용장소에 제약이 없도록 설계하였다.

통풍조절방식은 첫째, 장치 최하단에 다공형 base-plate를 설치하여 점화·착화시 통풍을 용이하게 하고 탄화시 로내온도가 고르게 상승하게 한다. 둘째, 하단 8개 개구중 4개를 통풍구로 사용하며 개구부를 개폐식으로 하여 최적 탄화조건을 유지하도록 한다.

로내의 탄화분위기 온도의 균일성을 유지하기 위해 첫째, 로본체 외부의 상단과 하단에 보온커버를 설치하고 단열재로 모래를 채워 보온하여 로내 탄화분위기 온도를 균일하게 유지하고 탄화효율을 높인다. 둘째, 배연구 온도를 측정하여 통풍구 개폐도를 조절하여 로내의 균일한 탄화가 이루어지도록 한다.

배풍 및 목초액 채취의 최적화를 위해 첫째, 연돌 높이를 로본체 높이의 1.4~1.5배로 하여 착화와 탄화를 원활하게 한다. 둘째, 연돌 상단에 연기 포집장치와 2차 냉각장치(목초액 채취장치)를 설치하여 목초액 채취를 적절히 할 수 있게 한다.

이상을 요약하여 나타내면 한국형 조립식 탄화장치의 설비 특성은 다음 <표 4-3>과 같다.

표 4-3 한국형 조립식 탄화장치의 설비 특성

설비의 특성	주요 내용
구조적특성	• 이동식으로 로체 3단과 덮개 1단의 조립식 장치 • 상단 덮개에 점화구를 설치하여 밀폐식 점화방식 • 분해된 각 부위의 단위중량을 최소화하여 이동-조립-해체가 용이 • 무동력설비로 활용장소에 제약이 없음
통풍조절	• 장치 최하단에 다공형 base-plate를 설치하여 점화·착화시 통풍을 용이하게 하고 탄화시 로내온도가 고르게 상승하게 함 • 하단 8개 개구중 4개를 통풍구로 사용하며 개구부를 개폐식으로 하여 최적 탄화조건을 유지토록 함
로내탄화분위기 온도의 균일성 유지방식	• 로본체 외부의 상단과 하단에 보온커버를 설치하고 단열재로 모래를 채워 보온하여 로내 탄화분위기 온도를 균일하게 유지하고 탄화효율을 높임 • 배연구 온도를 측정하여 통풍구 개폐도를 조절하여 로내의 균일한 탄화가 이루어지도록 함
배풍 및 목초액 채취의 최적화	• 연돌 높이를 로본체 높이의 1.4~1.5배로 하여 착화와 탄화를 원활하게 함 • 연돌 상단에 연기 포집장치와 2차 냉각장치(목초액 채취장치)를 설치하여 목초액 채취를 적절히 할 수 있게 함

2. 개발장치의 설비사양서

가. 한국형 조립식탄화장치의 구성

① 탄화로 본체

- 상·중·하단 및 덮개(점화구)로 구성
  - 상단 : Digital 온도계 측정구
  - 중단 : Digital 온도계 측정구
  - 하단 : Digital 온도계 측정구, 연돌구 4개, 통풍구 4개
  - 덮개 : 점화구, 중앙 배풍구, 행거

② Base Plate : 받침판(4개×1조)

③ 중앙연도 : 上·下 각1개

④ 연돌 : 4조(3단 조립식), 로체에의 고정장치

⑤ 곡관 : 4개(2차 냉각장치 연결용)

⑥ 연돌취부용Cap : Cap 8개(4개 공기조절용)

⑦ 본체 보온 Cover : 上·下 각1개

⑧ 목초액채취장치 : 원추형후드, 연돌, 목초액수집통, 2차 냉각장치

⑨ Digital온도계 : 1식(Option)

나. 설비사양서

제작 완료되어 시운전을 시행할 Pilot 장치의 설비사양과 주요장치의 설비개요를 약술하면 다음과 같다. 먼저 Pilot 장치는 <표 4-4>에서 보는 바와 같이 15개 부위로 구성되어 있어 조립, 이동, 해체에 편리하게 되어 있으며 개별중량은 로본체 덮개가 65kg로 최대이며 나머지는 모두 45kg이하로 인력으로 조작이 가능하다(본체의 설계도면은 부록을 참조).

탄화로 본체는 상단, 중단, 하단과 덮개로 구성되어 작업현장에서 쌓아 올리면 되고 덮개에는 중앙에 배연구와 양측면에 점화구가 있어 조립완료 후 밀폐상태에서 점화작업을 하게 되어있다. 즉, 점화구 크기는 400mm×200mm로 대각선으로 배치되어있다. 그리고 최

하단 바닥에는 원형의 Base Plate를 설치하게 되며 바닥원형을 4등분한 4개의 다공판으로 구성되어 있으며, Base Plate의 통기구는 약 40mm의 간격을 갖고 4개의 통풍로를 구성하여 배기와 급기의 역할을 조절할 수 있게 되어 있다.

하단과 상단의 둘레에는 홈이 구성되어 있어 로본체의 조립과 보온 Cover를 설치하고 모래를 채워 보온역할을 하여 탄화조건을 향상할 수 있게 되어있다. 최하단의 바닥에는 8개의 원형통기구(ø120)가 있어 4개는 급기용이고 4개는 배기용으로 사용한다. 4개의 배기공에는 연돌을 조립하고 4개의 급기공에는 공기조절용 개폐장치를 부착하여 탄화상태를 조절할 수 있게 되어있다.

연돌은 3단으로 조립하여 배기공에 연결하고 로본체 상단에 연돌 고정 장치로 고정하게 되어있다. 연돌상부에는 목초액 채취를 위하여 원형연기포집후드를 설치하여 연돌에 고정하고 2차 냉각관에 연결할 수 있게 설계되었으며, 4개의 연돌상부에 부착된 4개의 원형 연기포집후드는 4개의 냉각관으로 구성된 10m의 2차 냉각관에 각각 연결되어 목초액을 채취하게 된다.

표 4-4 원통형 이동로의 설비 개요

기호	품 목	수 량	규 격	용 도
1	원통탄화로(하단)	1개	OD1,900×550, SUS304	로본체 하단
2	원통탄화로(중단)	1개	OD1,850×490, SUS304	로본체 중단
3	원통탄화로(상단)	1개	OD1,800×405, SUS304	로본체 상단
4	원통탄화로(덮개)	1개	OD1,740×485, SUS304	로본체 덮개
5	연돌	4개	ø80×3,000, SUS304	배연
6	연돌연결관	4개	ø80×1,000, SUS304	연결관
7	연기후드	4개	집기후드, SS400	포집후드
8	2차 냉각관	4개	ø100×10m	목초액채취
9	냉각관써포트	1식	배관지지장치	지지대
10	목초액채집통	4개	PE 20ℓ	목초액채집
11	Base Plate	1조	ø80×900×4개	바닥통풍조절
12	보온Cover(상단)	1조	ø1,850×250	보온(상부)
13	보온Cover(하단)	1조	ø1950×900	보온(하단)
14	급기조절용 Cap	4개	ø90×262	공기조절용
15	Digital온도계	1개	0~2,000℃	(Option)

3. 조립식탄화장치의 제작원가 추정

목탄·목초액을 생산하는 조립식 탄화장치의 규모는 생산규모와 사용원료의 형태에 따라 차이가 있다. 얼마나 많은 량의 목탄과 목초액을 생산할 것인지, 원목을 사용할 것인지 칩의 형태로 사용할 것인지 등에 따라 달라지게 된다. 또한 조립식 탄화장치(로)에 의한 목탄과 목초액의 생성량과 품질은 수종에 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 2004년 상반기 노임 및 물가기준으로 표준제작 원가를 추정하였다. 그리고 탄화로 시작품의 시험운전결과를 바탕으로 제작원가를 추정하였다.

조립식 탄화장치의 중량은 이동의 용이성, 조립의 간편성 등을 고려하여 최대중량을 400㎏, 바닥 Φ2,000×높이 2,400mm로 3단으로 분리·조립하도록 하였다. 이에 따라 1회 탄재량은 참나무 1,500㎏, 총탄화시간은 48~52시간이 소요되며, 목탄생산량은 300㎏으로 수탄율은 약 20%, 목초액의 채취량은 45ℓ로 채취율은 약 30ℓ/톤 정도이다.

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

표 4-5 한국형 조립식 탄화로의 제원과 생성 제품

조립식 탄화로의 제원	생성 제품
·품 명: 한국형 조립식 탄화로	·수 종: 참나무, 수분율: 약 35(%)
·형 식: 원통대형, 3단 조립식	·1 회 탄재량, 탄화시간: 1,500(kg), 48~52시간
·총중량: 약 400(kg)	·목 탄 생 산 량: 300(kg), <수탄율 : 약 20(%)>
·제 원: 바닥 Φ2,000×높이 2,400	·목초액 채취량: 45(ℓ), <채취율 : 약 30(ℓ/톤)>

표 4-6 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	Aℓ Foil
7	부속부품	1식	400,000	-	400,000	
8	잡소모품	1식	200,000	-	200,000	
소 계			7,520,000	7,520,000	8,480,000	
9	기타잡비				1,400,000	
10	관리비				1,600,000	
합 계					19,000,000	

제3절 생산제품의 품질 수준 및 Pilot장치의 기술적 타당성

1. Pilot장치의 제작 및 시운전

가. Pilot장치의 제작

한국형 이동식탄화장치로 개발된 원통형 이동식·조립식탄화로의 Pilot 장치 1기를 제작하여 시운전을 실시하였다. Pilot 장치의 제작과정은 다음과 같다.

- 2003. 9. 30 : 시작품 제작도면 완성
- 2003. 10. 1 : 1차 시작품 제작착수
- 2003. 11. 30 : 1차 시작품 제작완성 및 점검
- 2003. 12. 30 : 최종시작품 제작완료
- 2004. 2. 12 : 시험운전장소로 이동(성주)
- 2004. 2. 25 : 현장조립 점검
- 2004. 3. 19 : 1차 시운전 착수
- 2004. 5. 30 : 시운전 완료

Pilot 장치의 제작은 탄화로 전문제작업체(서울기계)에 의뢰하여 2003년 10월에 착수하여 2003년 12월에 완성되었으며, 완성된 장치는 경북 성주에 있는 기계식 목탄·목초액 제조업체(주) 수촌임산의 공장 구내로 이동·설치하여 최종점검 후 시운전을 실시하였다.

Pilot 장치의 총중량은 약 400kg이며, 이동을 위한 분해나 조립에 소요되는 시간은 매우 짧아 작업원 2명이 1시간이면 충분하였다. 조립·완성된 Pilot 장치의 사진은 시운전공정 사진과 같이 부록에 첨부되었다

나. Pilot 장치의 시운전

제작된 Pilot장치의 시운전을 실시함으로써 개발된 한국형 조립식탄화로의 성능, 작업성, 작업조건과 생성품의 질과 양 등을 시험·조사하여 기술적 타당성을 검토하고 경제적 타당성 검토 자료를 확보하였다. 시운전자료와 공정별 시운전 사진은 부록에 첨부하였다.

1) 시운전의 목적

- 적정탄화조건의 확인 및 검토
- 장치의 성능 등 전반적인 기술적 검토
- 각공정별 적정운전조건 설정
- 공정소요시간과 작업공수의 검토
- 생성품의 품질수준과 수율검토
- 종합적인 기술적타당성 검토
- 경제적 타당성 검토자료 확보
- 활용시의 운전 Manual 작성자료 확보

2) 시운전 일정

- 시운전 실시기간 : 2004. 3. 19~2004. 5. 30
- 시운전은 3차에 걸쳐 실시하였으며 1차 및 2차 시험은 장치의 성능 및 탄화공정조건 시험을 주목적으로 실시하였고

• 3차 시험은 목초액 채취장치(2차 냉각관)을 보강하여 목초액 채취시험도 병행하였다.
• 시운전에 사용된 원료목은 참나무를 주로 하는 활엽수 잡목으로 형태는 간벌재와 같은 소경목(50mm~150mm)을 사용하였다.

다. 시운전 결과

1) 장치의 성능

장치의 조립, 원료투입, 점화·착화, 탄화, 소화·냉각과 출탄공정까지 전 공정에 특별한 문제점은 없으며 성능 면에서도 설계된 기능을 충분히 발휘하였다고 판단된다.

2) 운전조건의 검토

총 운전소요시간은 약 57시간으로서 간이시험시의 36시간보다 길게 소요되었으나 이것은 설비용량이 약 5배이므로 탄화공정과 소화·냉각공정시간이 길기 때문이다.

- 탄화공정별 소요시간과 온도조건
  - 점화·착화 : ~120℃, 점화후 2~3시간
  - 탄　　화 : 120℃~400℃, 착화후 23~25시간
  - 정　　련 : 400℃~700℃, 1~2시간
  - 소화·냉각 : 500℃~40℃, 25~26시간

3) 총 운전소요시간과 소요작업공수

시운전 결과에 따라 장치의 운전에 소요되는 시간과 소요작업공수는 56~59시간과 65~68(h/m)로 추정되었다.

표 4-7 운전소요시간과 소요작업공수

항　　목	원료투입	점·착화	탄화	소화·냉각	출탄	계
소요시간	2.5~3	3	23~25	25~26	2	56~59(h)
작업인원	2	2	1	1	2	65~68(h/m)

4) 생산품의 수율

목탄·목초액 제품의 수율은 목탄의 경우 약 18.6~20.7%로 나타났으며, 목초액의 채취량은 원료 1톤당 30ℓ정도인 것으로 나타났다.

2. 생산제품(시제품)의 품질 수준

생산된 시제품의 품질수준 평가를 위해 목탄 및 목초액의 시료를 채취, 국립산림과학원과 한국기기 유화 시험원에서 품질을 시험하였다. 국립산림과학원은 '임업 및 산촌진흥촉진에 관한 법률'에서 정한 목탄과 목초액의 품질인증 기관이다. 시험결과 산림청이 제정한 "임목탄의 품질기준"과 "목초액의 품질기준"에 모두 합당하다고 판단된다.

가. 목탄시험결과

2004년 5월 Pilot 장치에서 생산된 목탄에 대하여 품질 실험을 국립산림과학원에 의뢰하였다. 표준 임업시험실시요령에 의하여 실험한 결과는 <표 4-8>과 같다.

표 4-8 목탄의 시험결과

구 분	함수율(%)	회 분(%)	휘발분(%)	발열량(cal/g)
품질기준	10 이하	3.0 이하	-	5,500이상
시 료	6.27	3.00	11.61	7,336.7

나. 목초액시험 결과

2004. 4~7월 Pilot 장치에서 생산된 목초액에 대하여 품질 실험을 한국기기유화시험원과 국립산림과학원에 각각 의뢰하였다. 표준 임업시험실시요령에 의하여 실험한 결과는 다음 <표 4-9>와 같다.

표 4-9 목초액 시험결과

구 분	보메비중	pH(%)	산량(%)	용해타르(%)	굴절율(%Barx)	육안판별
품질기준	0.6~2.5	3.5이하	3.0~6.5	1.5이하	3.5이상	적갈색・투명
시료#1 (한국기기유화시험원)	1.8	4.2	3.42	1.11	5.4	적갈색・투명
시료#2 (국립산림과학원)	1.2	3.0	3.3	0.65	3.4	적갈색・투명

주: 시료#1은 2차 시험시 채취분(한국기기유화시험연구원)
시료#2는 3차 시험시 채취분(국립 산림과학원)

3. Pilot 장치의 기술적 타당성

한국형 조립식 탄화로의 특성은 우리의 실정에 맞게 산지폐잔재를 영림현장에서 직접 탄화하고 작업현장으로의 이동과 조립이 편리해야 한다. 또한 운전작업이 간편하고, 적정 탄화조건을 갖추어 양질의 제품을 생산할 수 있어야 한다. 이 연구에서 개발된 Pilot 장치는 이러한 우리의 여건에 맞는 특성을 갖춘 장치로 판단된다.

즉, 장치의 처리능력, 운전조건, 제품의 품질수준, 주요 요소의 기능, 해체시의 상태 등을 고려할 때 영림현장에서의 활용과 수익성도 확보할 수 있다고 생각된다. 또한 장치의 구조와 부재의 재질선택에 있어서 제품의 품질과 내구성을 고려하여 주요 부분은 모두 SUS 304 재질로 제작하였으므로 장치의 수명은 5년 이상 보증할 수 있다. 작업의 난이도 면에서는 비숙련공도 쉽게 작업할 수 있으며, 안전을 위하여 운전 매뉴얼에 따라 표준작업을 실시한다.

Pilot장치는 Closed System으로 운전되기 때문에 작업시 불꽃의 비산 등 화재의 위험은 없으나 점화-착화-탄화 공정에서 대량의 연기가 발생하기 때문에 작업장의 위치선정이 중요하다.

한편 생산제품인 목탄과 목초액의 품질향상과 품질의 균일성을 유지하기 위하여 탄화로의 외통에 보온커버를 장치하고 digital 온도계를 로내온도와 배연 온도를 측정하여 조절할 수 있게 하였다. 목탄의 품질은 탄재의 종류, 함수율, 탄화방법과 탄화온도가 매우 중요하

며 특히 탄화로의 로내 온도가 중요한바 개발된 이동식 탄화로는 원통형으로 로내 온도 즉 로내 탄화분위기 온도를 균일하게 유지하도록 하였다. 탄화로 하부 통풍구와 배연구를 방사선으로 배열하고 탄화로의 외통을 단열재의 보온커버로 씌워서 바람이나 외기온도에 의한 영향을 최소화하여 로내 탄화온도롤 균일하게 유지하도록 하였다.

로내 온도를 digital온도계로 측정하여 통풍, 배풍량을 조절하여 최적 탄화조건을 유지할 수 있게 하여 품질의 균일성을 확보하였고 생산된 목탄은 다공성, 비중, 탄화물, 정련도 등에서 양호하여 다양하게 이용될 수 있을 것이다. 즉 400~500℃의 적정 탄화온도에서 생산되는 목탄과 목초액은 토양개량제, 농업과 원예용 성장촉진제, 수질정화제 등으로 광범위하게 활용할 수 있다. 생산된 목초액은 수종에 따라 품질이 매우 다양하나 채취온도가 가장 중요한 요소임으로 이동식 탄화로의 배연구(목초액 채취구)에서 목초액의 채취온도를 측정하여 채취온도를 80~160℃로 제한하여 목초액의 품질을 보증할 수 있을 것이다. 이와 같이 적정온도에서 채취하여 생산되는 목초액은 농업용, 원예용, 소취용, 기타 생활용품 등으로 널리 사용할 수 있을 것이다.

제 5 장

조립식 탄화장치의 기술개발에 대한 경제성 평가와 실용화 방향

제1절 조립식 탄화장치의 수익성분석

1. 설비대수/운전회수를 기준으로 한 원가추정

조립식 탄화장치의 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 적정탄화시간은 3일, 1Batch 당 소요원료는 1.5톤, 생성제품은 목탄 300㎏, 목초액 45ℓ가 생산되는 것으로 가정하였다.

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

<표 5-1>에서 보듯이 1대를 설치하여 가동할 경우 1Batch당 추정원가는 재료비, 노무비, 경비(포장재료비+감가상각비)를 포함하여 221천원 정도인 것으로 나타났다. 여기서 탄화를 위한 원료 전처리비와 탄화인건비를 합하여 전체 인건비가 원가의 약 80%를 차지하게 된다.

표 5-1 1Batch 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				100,000	

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)

처리 가능한 폐목재량도 1.5(톤/B)로 목탄·목초액의 생산량도 적어 수익성 확보가 어려우므로 같은 영림현장에 2대 또는 3대를 설치하여 가동하게 되면 인건비 절감이 이루어질 수 있다.

표 5-2 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	1	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

따라서 가동대수를 1대~2대 가동시와 운전회수를 100(회/년), 80(회/년)과 70(회/년)의 경우에 대한 결과는 상기한 표와 같다. <표 5-2>에서 보는바와 같이 가동대수와 운전회수를 늘리면 단위 제조원가를 크게 낮출 수 있다. 예를 들어 1대를 설치하여 연간 100Batch를 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 160Batch를 운용할 경우 즉, <Case 2, S4>에는 Batch당 155천원으로 기본 1대를 설치했을 때보다 생산원가에 있어 약 29.6%를 절감할 수 있는 것으로 나타났다.

2. 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/ℓ정도이다. 이와 같은 경우 분말형태나 또는 정제된 목초액의 시중가를 의미한다. 그러나 여기서는 산지폐잔재가 발생하는 산지에서 목탄·목초액을 생산하게 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 5-3 1Batch 당 예상 수익

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

표 5-4 설비대수/운전회수를 기준으로 추정한 수익성

단위 : 천원

연간가동가능일수 기준	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
○ 수 입						
- 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
○ 지 출						
- 제 조 비	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
○ 수 지						
- 잉 여 금 (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

<표 5-4>에서 보는바와 같이 1대를 설치·운전하는 경우는 수익성의 확보가 어려우며 2대를 설치·운전시에는 어느 경우에서나 수익성이 있다고 판단된다. 물론 1대를 설치하여 운전할 경우 100Batch를 기준으로 연간 2,550천원의 순수익이 발생하여 설비비대비 13.4%의 수익률이 발생함으로 적자는 발생하지 않는다. 그러나 연간 이정도의 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%을 보이고 있다.

3. 재무분석에 의한 수익성 분석

투자사업의 경제성분석은 일정한 위험하에서 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/C 율로 경제성을 검토하였다. 즉 편익의 현재가치 합계를 비용의 현재가치 합계로 나눈 것으로 다음과 같이 계산된다.

$$B/C\ Ratio = \sum PVB_t \ / \ \sum PVC_t \quad \cdots\cdots (1)$$

단,

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

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

투자사업의 손익분기점은 B/C율이 1일 때이다. 즉 사업수행에 있어 비용의 현재가치합계와 편익의 현재가치의 합계가 같은 점이므로 손해도 이익도 없다. 따라서 1보다 클 경우 투자사업의 타당성이 있게 되며, 1보다 작으면 손해를 보게 됨으로 투자사업의 타당성이 없다고 할 수 있다.

B/C율이 $> 1 \Rightarrow$ 사업에 따른 이윤이 발생함으로 그 사업을 시행한다

B/C율이 $< 1 \Rightarrow$ 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 300kg, 목초액 45ℓ이며, 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 투자비

용이 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 조립식 탄화장치 1대를 구입하여 100회 즉 300일을 가동하였을 경우 5년간 순수익 현재가치는 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 순수익액이 작아 사업규모로서는 적당치 않다. 따라서 <표 5-6>에서 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.

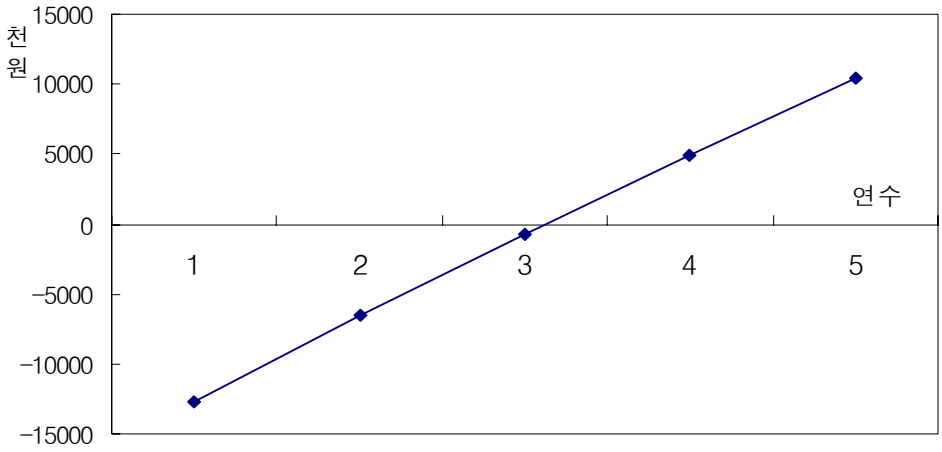


표 5-5 조립식 탄화장치 1대 운용시 Batch별 누적수익 현재가치의 흐름, B/C Ratio, 손익분기점

단위: 원

Batch	1년	2년	3년	4년	5년	B/C Ratio	손익분기 연수(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

그림 5-2 조립식 탄화장치 2대 운용시 100Batch 누적이윤의 흐름

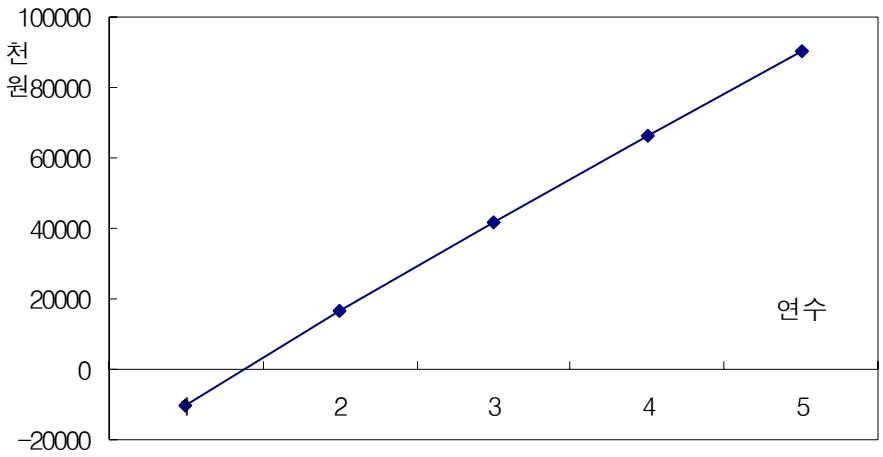


표 5-6 조립식 탄화장치 2대 운용시 Batch별 누적수익 현재가치의 흐름, B/C Ratio, 손익분기점

단위: 원

Batch	1년	2년	3년	4년	5년	B/C Ratio	손익분기 연수(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

한편 1대의 탄화장치를 구입하여 운용할 경우 목탄·목초액의 가격이 기본 가정으로 설정한 가격 즉 목탄 ㎏당 750원, 목초액 ℓ당 700원 보다 그 이하로 내려가게 되면 사업의 타당성은 없는 것으로 나타났다. 즉 목초액의 가격은 그대로 유지하고 목탄의 가격을 ㎏당

50원이 낮은 700원을 가정하면 연간 100회(300일) 가동의 경우에만 B/C율이 1.03, 5년간 누적수익의 현재가치가 3,454,981원이 발생하여 수익성이 있고 가동 수가 80회, 70회로 낮아지면 적자를 보게 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 증가해야 할 것이다.

표 5-7 조립식 탄화장치 1대 운용시 목탄·목초액의 가격변화에 따른 감응도 분석

단위: 원, 년

구분	100Batch			80Batch			70Batch		
	B/C율	누적수익 현재가치	손익 분기점	B/C율	누적수익 현재가치	손익 분기점	B/C율	누적수익 현재가치	손익 분기점
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 ℓ당으로 S1은 목탄 700원, 목초액 700원, S2는 목탄 800원, 목초액 700원, S3은 목탄 750원, 목초액 750원, S4는 목탄 750원, 목초액 800원, S5는 목탄·목초액 모두 800원을 가정하였음.

표 5-8 조립식 탄화장치 1대 운용시 이자율의 변화에 따른 감응도 분석

단위: 원, 년

이자율	100Batch			80Batch			70Batch		
	B/C율	누적수익 현재가치	손익 분기점	B/C율	누적수익 현재가치	손익 분기점	B/C율	누적수익 현재가치	손익 분기점
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

제2절 조립식 탄화장치의 실용화 방향

1. 산지폐잔재의 수집·활용시스템의 개선

가. 전문가들의 견해

산지폐잔재의 효율적 수집과 이용을 활성화하기 위해서는 임내에서 임도변까지 반출비용을 정부가 보조할 필요가 있으며, 전목 또는 전간재 수집이 활성화될 수 있도록 수집기계장비에 대한 국고보조가 필요한 것으로 나타났다. 그리고 수집된 산지폐잔재를 현재와 같이 방치하여 산불, 병충해의 서식지 등의 원인이 되기보다는 지역주민들이 활용할 수 있도록 무상으로 양여하는 것이 더 바람직한 것으로 나타났다.

임도변까지 반출비용에 대한 정부보조는 일본의 예에서도 나타났듯이 산림작업시스템이 단순히 산림내에서 숲가꾸기 사업후 산물을 산림내에 정리하여 쌓아두는 것으로 끝나는 것이 아니라 임도 또는 간선로에 산물을 반출하여 활용할 수 있도록 하는 것까지 포함하는 것을 의미한다. 일본의 경우 임도로부터 200m이상 떨어진 임지에서 발생한 산물을 반출할 수 있도록 보조금을 지원함으로써 반출률을 높여 산지정화, 산사태방지, 산림작업의 효율성을 높이고 있다.

표 5-9 산지폐잔재 수집활용의 촉진을 위한 방안

구 분	그렇다	보통이다	그렇지 않다	계
• 임도변까지 반출비용 정부보조	20	4	8	32
• 수집기계장비의 보조를 통한 전목 또는 전간재 수집의 활성화	23	7	1	31
• 수집된 산지폐잔재를 지역주민에 무상제공	12	9	10	31

주: 응답자 수가 다른 것은 미응답자가 있기 때문임

나. 생산작업의 기계화를 통한 산림작업방식의 개선

숲가꾸기 사업을 포함하여 일반 목재벌채 허가사업의 간벌재 또는 주벌재를 생산하는

수확(벌채)작업방식을 현행 인력위주의 수확작업에서 인력+기계를 조합하는 수확작업방식을 도입할 필요가 있다. 인력위주의 단재생산의 경우 벌채 현지에서 모든 작업이 이루어지게 되므로 수집 및 운반 등에 많은 인력 및 비용이 소요되며 또한 수집시 산지에 피해를 주거나 생태계를 파괴할 우려가 많고 사고 위험이 크다.

반면 인력+기계조합에 의할 경우 전간재나 전목 생산이 가능하게 되며 생산성도 크게 향상된다. 진안에서 실시된 기계화 간벌작업의 공정결과 1일당 임목생산량은 약 9.82㎥으로 인력작업을 한 경우 1일 1.5㎥인 것에 비하면 기계화작업에 의한 임목생산작업이 더 효율적임을 알 수 있다(부록 참조). 전간재의 경우 벌채 현지에서 임목을 벌채한 후 벌채된 임목은 케이블을 이용하여 임도 또는 간이 집하장 등으로 운반한 다음 조제작업이 이루어지므로 산지나 산림생태계의 파괴를 최소화 할 수 있다. 전목 생산의 경우 잎, 가지목 등을 모두 이용할 수 있는 장점이 있다.

단기적으로는 기계화작업공정을 표준화하고 개인이 장비를 구입해서 운영하기에는 어려우므로 기계구입 및 운영에 대해 국가 보조를 하거나 중장기적으로는 산림조합내에 기계화지원센타를 만들어 기계장비를 지원하고 운용 교육과 함께 산림작업단을 중심으로 임대하는 방식도 고려할 필요가 있다.

또한 영림현장이 여러 곳에 분산되어 있는 경우 기계화 작업의 효율성을 가져오기 어려우며, 시간과 인력의 낭비를 초래하여 산림작업 비용을 증가시키게 된다. 조립식 탄화로를 이용한 목탄·목초액의 지속적 공급과 수익성을 고려할 때 연간 297㎥~637㎥의 산지폐잔재가 원료로 안정적으로 공급될 수 있도록 산림사업의 집단화가 필요하며, 산지폐잔재의 수집 및 활용계획을 반드시 지역 산림계획내에 포함하여 실행토록 제도개선이 이루어져야 할 것이다.

다. 병·해충 등 피해목이용을 위한 제도 개선

최근 급속히 확산되고 있는 소나무 재선충 등 병·해충에 의해 피해를 받은 임목들의 경우 현재에는 산지에서 완전 소각해 버리고 있다. 주요한 자원을 낭비하고 있는 것이다. 소각도 필요하지만 자원을 재활용한다는 차원에서 이들을 탄화하여 이용할 수 있도록 하

는 제도적 장치의 마련이 필요하다. 즉 사유림의 경우 산물을 수집·활용하고 수익을 분수하는 일종의 산물의 수집·활용에 관해 산주와 계약을 맺고 산물을 이용하는 것이다.

국유림의 경우 지역주민은 국유림을 보호하고 관리하는 실질적인 역할을 담당하고 있어 국유임산물에 대한 무상양여제도를 활용할 필요가 있다. 그러므로 단기적으로 국유림에서 병·해충 등에 의해 발생한 산지폐잔재를 지역주민이 무상으로 적극 활용할 수 있도록 하는 방안을 검토할 필요가 있다.

라. 산지폐잔재 수집·활용제도의 개선

산지폐잔재를 수집·활용을 위해 지원하는 현행 국고보조대상사업은 숲가꾸기 사업인 간벌 및 천연림보육(간벌단계) 사업이다. 이들 국고보조에 의해 사업을 실행 후 발생하는 산물의 수집대상지역은 이들 사업에 따른 재해발생 우려지역 즉, 농경지, 도로, 하천, 임도, 마을, 계곡 만수위 등으로부터 사면거리 30m내외 지역에 국한된다.

그리고 수집된 산물은 산주의 동의를 얻어 톱밥, 우드칩, 벌도목, 원목 등으로 생산하여 공익 공공목적으로 활용하거나 매각(매각시 수익은 산주자부담으로 충당하거나 산주에게 환원)토록 하고 있다.

따라서 산지폐잔재를 적극적으로 수집·활용하기 위해서는 중장기적으로 국고보조대상사업을 숲가꾸기 사업에서 일반 간벌, 주벌, 수종갱신 등의 범위까지 포함하고 또한 수집지역의 범위도 기계화집재가 가능한 범위(일본의 경우 200m)까지 확대할 필요가 있다. 이와 같은 경우 일본의 예에서도 나타났듯이 산림작업을 임도변까지 산물을 반출하여 활용할 수 있도록 하는데 까지로 개념의 범위를 넓힐 필요가 있다.

그렇게 하기 위해서는 작업지에서 임도까지의 거리, 경사 등을 고려한 보정계수를 도입하여 실질적인 보조액을 산출하고 적용해야 할 것이다. 그리고 조립식 탄화장치에 의해 생산되는 산물인 목탄·목초액을 현재의 이용 산물의 활용용도 범위(톱밥, 칩 등)에 포함해야 할 것이다.

2. 조립식 탄화장치의 실용화 방향

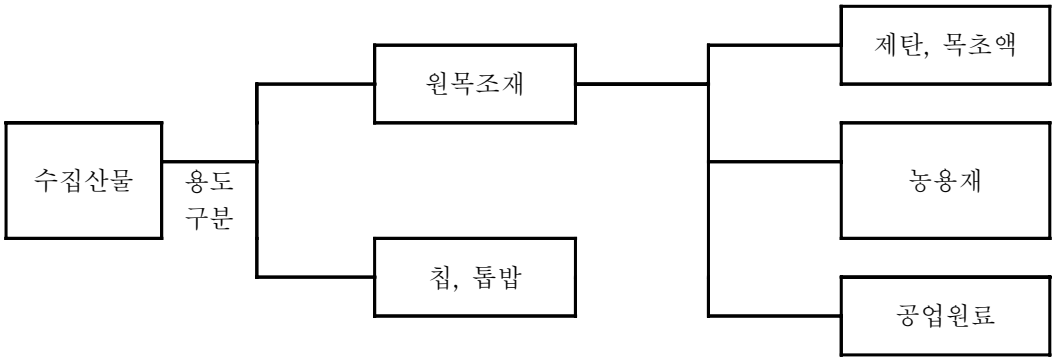
가. 친환경농업과 연계한 지역적 활용시스템의 체계화

중장기적으로 환경농업과 연계하여 자원재활용차원을 벗어나 자원의 순환을 목표로 지역적으로 활용할 수 있도록 함으로써 조립식 탄화장치의 실용화를 하는 것이 필요하다. 댐 상류의 물관리 유역, 친환경농업지역, 생태산촌 등 자연에 가까운 지역에 위치하고 친환경농업을 수행하는 지역을 대상으로 해당 지역에 산을 가지고 있는 산주와 지역주민간에 산림관리에 관한 협의체를 구성하여 산물생산이용의 합리화를 추진하는 것이다. 단순히 목탄·목초액의 이용에 한정되지 않고 숲가꾸기 등 산림작업을 통해 발생한 산물들 모두를 활용한 다는 차원에서 접근하는 것이다. 즉, 목탄·목초액-농업, 수질 정화제용으로 칩과 톱밥은 퇴비원료, 축사폐수 정화용으로, 그리고 기타는 농용재, 에너지재 등으로 활용하는 것이다.

이와 같은 경우 산주는 산림작업과 관리를 지역주민이 담당해 줌으로 안전하게 숲의 재산가치 증대효과를 기대할 수 있을 것이고, 지역주민들은 산림바이오매스를 환경재로 이용하여 생산비를 절감하고 농업소득을 향상시키는 효과를 기대할 수 있을 것이다.

현재 물 이용부담금, 오염물질배출부과금, 환경개선부담금 등 산림의 공익적 편익으로 조성된 각종 재원이 1조원이상 되나 산림에 재투자되는 사례가 없다. 그러므로 이를 재원으로 하는 기금 또는 특별회계를 설치하여 운영하는 것이 바람직하다.

그림 5-3 전체시스템의 일환으로서 이용방식



그리고 마을주민으로 기계화집재작업단을 편성함과 동시에 산림조합 또는 농업기술센터에 기계화지원센터를 설립하고 기계화 지원센터 또는 마을 작업단에 칩, 톱밥제조기와 함께 이동식 탄화로를 공급하여 공동으로 이용할 수 있도록 면단위별로 시범사업 실시 후 지원을 확대해 나가는 것이 필요하다.

나. 부업적 또는 자가 활용에 대한 정책적 지원

조립식 탄화장치는 이동성, 작업의 편의성, 생성제품 품질수준의 적정성 등을 가지는 장점이 있으므로 부업 또는 자가 활용을 하고자 하는 경우 장치의 구입에 대한 정책적 지원이 필요하다. 현행 고정식 탄화공장의 경우 정책자금으로 융자방식의 지원이 이루어지고 있다. 즉, 임산물 가공시설 지원에서 설계금액의 80%, 기간은 10년(3년 거치 7년 상환), 정책자금 이자율은 4%이다.

조립식 탄화장치의 경제성분석에서도 나타났듯이 기계장치의 구입에 대한 융자를 하여 활용토록 하는 것이 바람직한 것으로 생각된다. 즉 내구연수가 5년이므로 3년 거치 2년 상환과 같은 조건으로 융자를 하는 것이 필요하다.

이와 같이 조립식 탄화장치가 활성화 될 경우 과수원이나 밤나무 재배지의 경우 수종갱신, 피해목 벌채 등을 통해 폐기처분하는 산물을 자체적으로 재활용하여 생산비용을 절감하고 친환경적 재배를 도모할 수 있을 것이다. 또한 국유림주변 산촌주민들의 경우 국유산물을 무상으로 양여 받을 수 있으므로 비수기를 이용, 조립식 탄화장치를 사용하여 목탄·목초액을 생산하고 이들 산물을 활용하여 농업생산비용을 절감함과 동시에 소득증대 효과를 얻을 수 있을 것이다.

한편 국유림 영림단의 경우 주업으로 해당 관리소 또는 국유림지방관리청의 숲가꾸기와 간벌, 주벌, 수종갱신 등의 사업을 진행하고 있다. 이들의 경우 산지폐잔재를 직접 수집할 수 있는 위치에 있으므로 먼저 시범사업으로 조립식 탄화장치를 보급하여 활용하는 것이 필요하다. 이를 통해 문제점을 발견하고 해결한 다음 사유림 부문에서도 보급하는 방식을 추진할 필요가 있다. 비록 국유림 영림단이 국유림의 산림작업을 담당하고는 있지만 산촌지역주민들과는 달리 국유 산물을 무상으로 양여 받을 수 있는 규정이 없기 때문에 관리

소와 영림단간에 산물이용 및 수익의 분수와 관련된 계약을 체결하고 활용하는 것이 필요하다.

다. 목탄·목초액의 이용활성화를 위한 제도개선

산지폐잔재 이용을 활성화하기 위해서는 생산품인 목탄과 목초액의 새로운 용도 개발이 중요하고 환경농자재로서 보급하는 정책적 지원과 함께 제도개선이 필요하다.

일부 지자체를 중심으로 환경농업을 육성하기 위해 여러 가지 친환경농산물 생산자재에 대하여 이들 자재를 농가가 구입하여 사용하고자 하는 경우 보조를 하고 있다. 강원도에서는 지방재정을 이용하여 재원을 마련, 목탄·목초액을 친환경농업에 사용하고자 하는 경우 지방비 80%, 자비 20% 수준으로 보조를 하고 있다.

이러한 재정적 지원은 단순히 임업적 차원을 벗어나 농림축산적 차원에서의 접근이 필요하다. 왜냐하면 목탄·목초액의 사용용도는 앞에서도 언급하였지만 매우 다양하고 활용가치가 높으며, 특히 친환경자재로 이용되고 있기 때문이다. 또한 산지에 버려지는 폐목재의 자원재활용차원에서 그리고 자원의 순환적 이용차원에서의 접근이 요구되기 때문이다.

조립식 탄화로에서 생성된 목탄·목초액 제품은 고정식 탄화공장에서 제조한 제품과 별다른 차이가 없는 질을 보유하고 있는 것으로 실험결과 나타났다. 중장기적으로 조립식 탄화로에 의해 생산된 제품에 대해서도 친환경농자재로 사용하고자 하는 경우 일반 고정식 탄화공장에서 생산된 제품과 동일하게 구매에 대하여 동일한 혜택을 주도록 제도 개선이 필요하다.

라. 목탄·목초액의 품질인증을 위한 제도개선

새로이 2004년 7월에 제정하여 실시되고 있는 임산물품질 인증규정에서 임산물 품질인증을 받기 위해서는 고정된 장소에 생산시설을 갖추고 산림과학원의 공장심사와 제품검사를 받도록 되어 있으나 이동식탄화로의 경우에는 고정 장소의 공장검사를 받을 수가 없다.

제품의 판매에 임산물 품질인증이 필수조건은 아니지만 영업적 측면에서는 필요할 것으로 판단된다. 왜냐하면 소비자는 품질인증을 사용해야 사용에 따른 피해에 대해 보상을 요

구할 수 있고 생산자는 질 높은 제품을 시장에 공급함으로서 자신의 이미지브랜드를 높이고 소비자에게 신뢰를 받게 되어 경쟁력을 갖출 수 있을 것이다.

향후 조립식 탄화로의 사용이 활성화되어 사용이 늘어날 경우 생산되는 목탄·목초액에 대한 품질인증이 필요함으로 이동식 조립식 탄화장치에 의해 생산된 목탄·목초액의 품질 및 규격에 대한 제도개선이 필요하다.

마. 목탄·목초액의 신용도 개발을 위한 연구 확대

목탄·목초액이 가지고 있는 장점을 충분히 활용하고 수요를 확대할 수 있도록 다양한 분야에서 이용용도에 대한 연구가 필요하다. 일본의 경우 사례에서도 나타났듯이 목탄은 건축용 보습제, 녹화·원예용, 목욕용, 소취제로 목초액은 골프장용, 목욕용, 소취용, 식품첨가용 등으로 이미 제품이 개발되어 시판되고 있다. 반면 국내에서는 이에 대한 연구가 부족하고 또한 이들을 지원할 법적 제도적 장치도 미흡하다. 따라서 지금부터 체계적으로 목탄·목초액의 새로운 이용과 관련된 수요를 조사 및 개발하고 이에 따른 연구를 확대 지원할 필요가 있다.

제 6 장
요약 및 결론

현재 숲가꾸기 사업, 주벌, 간벌, 육림 기타 산림작업현장에 발생되는 폐잔재는 목재로서의 이용가치가 없고, 수집 및 하산, 운반 등 처리비용이 과다하여 산지에서 폐기되고 있는 실정이다. 실태조사에서도 나타났듯이 산지폐잔재는 불량목, 소경목, 후동목, 가지, 줄기 등 다양한 형태로 발생하고 있으나 이들을 이용할 용도가 개발되지 않고 있다. 따라서 산불 등으로부터 산림을 보호하고 관리하는데 뿐만 아니라 각종 산림작업을 효율적으로 진행하는데 장애요인이 되고 있다.

외국에서는 이러한 폐자원을 활용하여 다양한 형태로 이용하고 있는데 특히 목탄·목초액의 생산원료로 활용하는 사례가 크게 늘고 있다. 일본의 예에서 보듯이 목탄은 토양 개량제로서 뿐만 아니라 축산, 생활환경, 수질개선 등 공업용원료로 사용되고 있다. 또한 목초액은 의약원료, 식품첨가용, 공업원료, 염료원료, 탈취제, 농약원료, 식물생장 촉진제 등 다양하게 사용되고 있는 것으로 나타났다. 2003년 현재 목탄의 수급량은 128천톤, 목초액은 14천톤으로 목탄의 경우 대부분이 수입에 의존하고 있고 목초액은 국내생산에 의해 충당되고 있다. 이들 목탄·목초액의 수요는 환경에 대한 관심증대와 함께 친환경농산물에 대한 수요의 증대와 함께 증가할 것이다.

이러한 목탄·목초액을 산지폐잔재가 발생하고 있는 현장에서 직접 생산이 가능하도록 이동식 조립식 탄화장치를 개발하는 것은 수집 및 운반에 따른 비용을 줄이고 부가가치를

높여 산림가꾸기의 활성화를 가져올 뿐만 아니라 산불 등에 따른 피해를 줄이고 국토공간을 정화하는 기능을 높이는 등 다방면에서 상당한 혜택을 가져오게 될 것이다.

산지폐잔재가 가장 많이 발생하고 있는 사업은 일반육림사업인 것으로 나타났다. 기존에는 숲가꾸기 공공근로사업에서 많은 량의 산지폐잔재가 발생하였으나 2002년도에 사업이 종료되고 이들 사업이 일반육림사업의 간벌, 천연림보육사업으로 포함되어 시행되고 있기 때문이다. 산지폐잔재 발생량에 대하여 추정한 결과 이들 사업으로부터 약 420만㎥이 발생하고 있으며, 전체 산지폐잔재 발생량의 95%에 달하는 것으로 나타났다.

이러한 산지폐잔재의 수집은 발생량에 비해 거의 미미한 수준으로 2003년도에 약 210천㎥이 수집되어 활용된 것으로 나타났다. 전문가 조사결과 산지폐잔재의 수집·활용상의 문제로서 수집비용이 너무 과다하고, 산지폐잔재의 용도개발 미흡, 수집장비 부족 등을 가장 큰 문제로 지적하고 있었다. 또한 산림작업이 동일한 시·군내에서도 이곳저곳 분산되어 있어 작업의 효율성을 높이기 어렵고 이들 산지폐잔재를 수집·활용하기 위한 유인제도가 미미한 실정이다. 단지 『지속가능한 산림자원관리지침(산림청 훈령 제785호, 2004.2.12)』에 의거 톱밥과 칩 생산을 위한 기계장비의 보조와 숲가꾸기 사업후 재해우려지역으로부터 30m이내 산물을 수집·활용할 수 있도록 되어 있다.

산지폐잔재를 산지에서 직접 이용하기 위한 이동식 조립식 탄화로(장치)를 개발하기 위해 조립식 O자형 탄화로, 가반식 탄화로, 드럼통 탄화로, 원통형 이동로, 철판조립식 탄화로 등의 처리능력, 탄화시간, 생산제품의 품질, 산지에서의 조립가능성 등을 종합하여 검토한 결과 원통형 이동로가 적절한 것으로 나타났다. 그리고 적정 규모는 원통형 이동로의 경우 Batch당 탄재량은 1,500㎏으로 탄화소요시간은 48~52시간, 목탄생산량은 300㎏, 목초액은 45ℓ, 탄화로의 중량은 400㎏, 크기는 Φ2,000mm×높이 2,400mm, 3단 조립식 형태로 산정되었다.

Pilot장치를 만들어 시운전을 한 결과 기술적인 문제는 발생하지 않았고 다만 점화-착화-탄화 공정에서 대량의 연기가 발생하기 때문에 Closed System으로 운전하도록 하였다. 따라서 임도, 저목장, 집하장 등지에서 사용하는 데는 문제가 없다. 생산된 시제품도 현행 법규에서 지정한 품질규격과 차이가 없는 것으로 나타났다.

조립식 탄화장치의 수익성에 대한 분석결과 1대를 설치하고 Batch를 100회(300일), 80회

(240일), 70회(210일)로 하면 어느 경우에서도 B/C율은 1보다 큰 것으로 나타났다. 그러나 수익이 발생하는 시점이 100회와 80회의 경우 모두 4년이고 70회는 5년부터 발생하는 것으로 나타났다. 발생하는 수익액이 작아 1대만을 가지고 사업을 하기에는 어렵고 최소 2대를 운영해야 수익성을 맞출 수 있는 것으로 분석되었다. 따라서 1대를 가지고 부업 또는 자가용으로 사용할 경우 이에 대한 정부의 정책적 지원이 필요하다고 할 수 있다.

조립식 탄화장치의 실용화를 위해서는 먼저 산지폐잔재의 수집과 활용을 높여야 할 것이다. 이를 위해서는 가능한 생산작업의 기계화와 산림작업의 집단화가 필요하다. 단기적으로 기계화의 표준공정을 수립하고 중장기적으로 이들 기계를 보급·활용할 수 있도록 제도적 장치의 마련이 요구된다. 또한 중장기적으로 산지폐잔재가 수집 및 활용될 수 있도록 현행 숲가꾸기 사업에 일반 목재허가벌채사업을 포함하여 임도변까지 운반이 이루어질 수 있도록 하는 것이 필요하다. 수집거리도 숲가꾸기 사업후 재해우려가 예상되는 지역으로부터 30m범위내로 한정하지 말고 일본의 사례에서도 제시된바와 같이 기계화에 의한 집재거리까지로 범위를 확대하는 것이 필요하다.

조립식 탄화장치의 실용화를 위해서는 중장기적으로 친환경농업과 연계하여 자원의 재활용뿐만 아니라 농림자원의 지속적 순환이 이루어지도록 지역 활용시스템을 체계화하는 것이 필요하다. 또한 부업 또는 자가 소비를 위해 조립식 탄화로를 구입하여 사용할 경우 보급을 확대하기 위해 현행 정책자금 4%에 5년(3년 거치 2년 상환)정도의 융자지원이 필요하다. 이를 위해서는 먼저 국유림 영림단을 대상으로 시범사업을 실시하여 사업을 평가한 후 사유림부문까지 확대하는 것이 필요하다.

한편 고정식 탄화공장에서 생성된 제품과 조립식 탄화장치에 의해 생산된 제품간의 품질 차이는 없는 것으로 나타났다. 그러므로 이들 자재를 환경농업자재로 구매할 경우 고정식 탄화공장에서 생성된 제품과 동일하게 구입에 대한 보조를 할 필요가 있다. 지원도 임업을 포함하여 농수축산부문까지 넓혀 국가적인 차원에서 산림자원의 재활용과 자원순환이 지속적으로 이루어지도록 종합적 지원방식을 구축하여야 할 것이다. 또한 목탄·목초액의 새로운 용도에 관한 수요조사와 연구개발지원을 확대하여야 할 것이다.

참 고 문 헌

광록회. 1997. 월간 늘푸른 생명. 창간호.

김동희. 1990. 성형 목탄가루가 사료첨가제로서의 이용가능성에 관한 연구. 건국대학교 석사학위 논문.

농촌진흥청 원예시험장. 1990. 원예토양 탄소시용법 개발연구.

박상범외 2인. 1998. 대나무 숯의 생활환경개선에의 이용. 목질탄화물의 농업 및 환경적 이용에 관한 국제 심포지움. pp. 177-203.

산림청. 임업통계연보. 각 년도.

산림청. 2002. 숲가꾸기 공공근로사업 백서(1998~2002). 산림청.

산림청. 2004. 지속가능한 산림자원 관리지침. 산림청

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.

안경모. 1998. 목질탄화물의 성분이용. 목질탄화물의 농업 및 환경적 이용에 관한 국제 심포지움. pp. 11-61.

임업기계훈련원. 2000. 국산재 생산기술 산업화 기술개발에 관한 연구. 농림부.

임업연구원. 2000. 폐목재의 수집체계 개선 및 재활용 촉진방안. 농림부.

임업연구원. 1992. 목질탄화 및 탄화물의 토양개량제 이용. 연구자료 제74호.

임업연구원. 1992. 수목 및 목재의 성분이용. 연구자료 제67호.

장우환외 8인. 2003. 산림유기자원을 활용한 산림자연퇴비의 실용화에 관한 연구. 한국농촌경제연구원 C2003-22.

장철수, 석현덕. 2001. 농·축산업분야에 있어서 목탄·목초액 이용의 활성화 방향. 한국산림경제학회 산림경제연구. 9(1) : 28~37.

조성택. 1998. 목질탄화물의 규격화 및 자료 개발. 목질탄화물의 농업 및 환경적 이용에 관한

국제 심포지움. pp. 151-176.

차두송외 3인. 2002, 육림부산물의 효율적 수집 및 활용방안에 관한 연구, 2002년도 농림계 특성화대학 강원도 지역연구과제 결과보고서. 강원대학교 산림과학대학.

한국비료공업협회. 1994. 비료연감.

한국국제협력단, 임업연구원. 2001. 인도네시아 소경목 이용개발 타당성조사사업. 한국국제협력단.

황미자. 1994. 활성탄의 첨가가 비육돈의 성장률과 사료이용성 및 도체 성적에 미치는 영향. 건국대학교 석사학위 논문.

허장. 2001. 친환경농업 사용자재 등 신자재 관리방안. 한국농촌경제연구원 C2001-4.

角中正也. 1991. 環境を守る炭と木酢液. 家の光協會. 206pp.

杉浦根治. 1996. 木酢液の不思議. 全國林業改良普及協會. 174pp.

杉浦根治. 1996. 世界の炭やき・日本の炭やき. 牧野出版. 224pp.

岸本定吉. 1996. 炭の神秘. 株式會社デイ-エイチシ-. 198pp.

岸本定吉. 杉浦根治, 鶴見武道. 1997. エコロジ-炭やき指南. 創森社. 125pp.

大槻 彰. 1996. 驚異の木炭パワ. 日東書院. 186pp.

吉田嘉明. 1996. 炭・木酢大百貨. 株式會社デイ-エイチシ-. 119pp.

Boki, K., T. Wada, and S. Ohno. 1991. Effects of filtration through activated carbons on peroxide, thiobarbituric acid and carbonyl values of autoxidized soybean oil. J. Amer. Oil Chem. Soc. 68(8)

Bradley K. J., M.K. Hamdy, and R.T. Toledo. 1987. Physicochemical factors affecting ethanol adsorption by activated carbon. Biotechnol. Bioeng. 29(4)

Braund, D.G., B.E. Langlois, D.J. Conner, and E.E. Moore. 1970. Feeding phenobarbital and activated carbon to accelerate dieldrin residue removal in a contaminated dairy herd. Prog. Rep. Ky. Agric. Exp. Stn. Lexington, Ky.(188)

Buck, W.B., and P.M. Bratich. 1985. Experimental studies with activated charcoals and oils in preventing toxicoses. Proc. Annu. Meet. Am. Assoc.

Buck, B.G. and P.M. Bratich. 1986. Activated charcoal: Preventing unnecessary eath by posoning. Vet. Med. 81(1)

Clark, B.G., A.W. Hydamaka, and R.A. Gallop. 1984. The feasibility of recycling poultry chiller water, after activated carbon treatment . Future of water reuse : proceedings of the Water Reuse Symposium Ⅲ, August 26-31, 1984, San Diego, California.

Dalvi, R.R. and A.A. Ademoyero. 1984. Toxic effects of afatoxin B1 in chickens given feed feed contaminated with Aspergrillus flavors and reduction of toxicity by activated charcoal and come chemical agents. Avian. Dis. 28(1)

Dalvi, R,R. and C. McGowan. 1984. Experimental induction of chronic aflatoxicosis in chickens by purified aflatoxin B1 and its reversal by activated charcoal, phenobarbital, and reduced glutathione. Poult. Sci. 63(3)

Gore, W.T. 1986. Energy and charcoal production from solid waste generated in the South African pulp and paper industry. J. South African Forestry. 136

Gu, R.S., K.L. Gu, and T.J. Zhang. 1988. Study of production of activated carbon from bagasse. Chinese Socoety of Chemistry and Chemical Engineering of Forest Products 8(1)

부록 1. 목재의 품등구분 사례

1. 일본

- 소경재: 말구직경 14cm이하
- 중경재: 말구직경 14~30cm
- 대경재: 말구직경 30cm이상

2. 미국

- 1등재: 말구직경 60cm이상
- 2등재: 말구직경 30cm~40cm
- 3등재: 말구직경 15cm~30cm
- 4등재: 말구직경 15cm이하

3. 우리나라

- 1등급: 말구직경 30cm이상
- 2등급: 말구직경 15~30cm
- 3등급: 말구직경 15cm이하

○ 실제 우리나라시장에서의 품등적용 기준을 보면

가. 소나무:

- 말구직경 7.5cm이하는 시장성이 없음
- 말구직경 9~18cm는 어상자, 각재, 갱목, 펄프재 등으로 이용
- 말구직경 19~30cm는 주로 제재용
- 말구직경 30cm이상은 특수재로 이용

나. 잣나무, 낙엽송:

- 말구직경 7.5cm이하는 시장성이 없음

- 말구직경 9~15cm는 펄프재와 톱밥으로 이용
- 말구직경 15cm이상 제재용

다. 리기다소나무:

- 말구직경 7.5~9cm이상은 칩용
- 말구직경 9cm이상은 건축용 각재와 판재로 이용

라. 활엽수:

- 말구직경 7.5cm이하는 시장성이 없음
- 말구직경 7.5~18cm는 제탄용, 버섯재용 등으로 이용
- 말구직경 12cm 또는 15cm는 시장성이 있으며,
- 말구직경 25cm이상은 제재용

부록 2. 임목생산작업 공정 및 생산비(진안기계훈련원)

임목생산작업의 공정 및 생산비 조사 내역(진안)

수 입 (A)			지 출 (B)					수 익 (A-B)	작업공정 (1인1일)	비 고
재적량 (才)	단 가 (才당)	금 액	구 분		수 량	금 액	비 율 (才당)			
			벌도 및 가지자르기 작업		10인	700,000	13.2% (21.7원)		10.8㎥	
			조재작업		7인	490,000	9.2% (15.1원)		15.4㎥	
			작업기계별 경비 <하산집재작업비>	미 니 포 워 더	5일	1,644,100	60.7% (100원)		21.6㎥	
				굴 삭 기	3일				40m (총120m)	운재로
				우드그랩	8일					
				HAM200	6일				13.5㎥	
									18.0㎥	
32,241	450원	14,508,450		보조인부	11인	550,000				집 재 보 조
				유 류 대		590,000				
				수 리 비		140,000				
				작업경비		300,000				
			기타 경비			900,000	16.9% (27.9원)			유류대 식 대 간식대
계		14,508,450				5,314,100	100% (164.7원)	9,194,360		
비 율		100%				36.6%		63.4%		

○ 사례 조사지는 전남 장성군 북일면 문암리 산 245번지 민유림이며 임목생산작업의 공정 및 생산비 조사내역은 표와 같음.

- 표는 간벌작업을 하여 임내의 간벌목을 전부 트럭에 의한 운재를 위해 토장까지 미니포워더에 의해 임내운재한 후 임목생산작업이 완전히 끝난 시점에서 임목생산작업의

공정 및 생산비 내역을 계산한 결과임

○ 임목생산작업의 공정을 보면, 총 작업일수 11일간 108㎥의 작업을 실시하였으므로 간벌작업에서 1일당 임목생산작업공정은 약 9.82㎥이 되는데 이것은 간벌작업의 경우, 현재 우리나라 인력위주의 일반적인 임목생산작업공정인 1.5㎥/일에 비해 큰 차이를 보이는 것으로서 기계화에 의한 임목생산작업이 효율적이라는 것을 보여준다고 할 수 있음.

○ 구체적인 작업공종별 작업공정을 살펴보면, 벌도작업 및 가지자르기작업이 10.8㎥/인·일, 집재후 작업도 및 임도상에서의 조재작업이 15.4㎥/인·일, 미니포워더에 의한 집운재작업이 21.6㎥/인·일, 굴삭기에 의한 운재로 개설이 40m, 굴삭기 우드그랩에 의한 집적 및 상차작업이 13.5㎥/인·일, HAM200에 의한 집재작업이 18.0㎥/인·일로 나타났으며,

- 미니포워더에 의한 집운재작업이 1인1일 21.6㎥로 집운재작업이 상당한 효율성이 있는 것으로 나타났음.

○ 조사지내에서의 전체 임목생산작업의 채산성을 파악해 보기 위해 생산비를 분석해본 결과, 벌도 및 가지자르기작업 경비가 재당 21.7원으로서 13.2%를 차지하고 조재작업이 재당 15.1원으로서 9.2%를 차지하였으며, 또한 미니포워더에 의한 집운재작업과 굴삭기에 의한 운재로 개설작업, 굴삭기 우드그랩에 의한 집적작업 및 상차작업, HAM200에 의한 집재작업, 그리고 HAM200에 의한 집재작업의 쵸크작업원으로서의 보조인부, 각종 기계의 유류대 및 수리비, 제반 경비 등을 포함한 작업기계별 경비로서 하산집재작업비가 재당 100원으로서 60.7%를 차지하였음.

○ 이외에 기타경비로서 유류대와 식대, 간식비가 재당 27.9원으로서 16.9%를 차지하였는데 여기서 전체 임목생산비중에 하산집재작업비가 60.7%로서 가장 많은 비율을 차지하고 있으며, 기타경비를 제외한 순수 임목생산작업비는 재당 136.8원으로서 전체 임목생

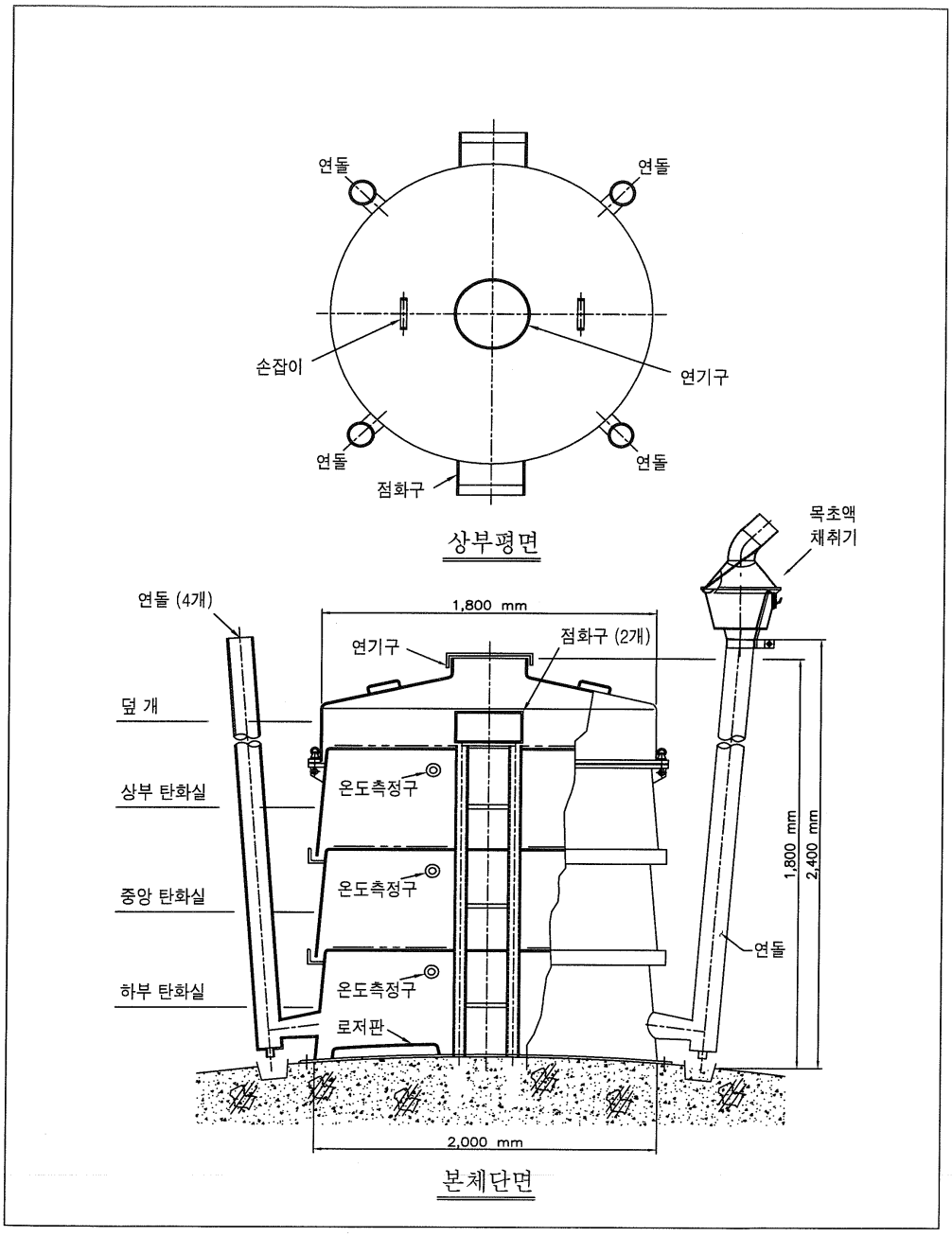
산비중의 83.1%를 차지하였음.

○ 이를 볼 때 임목생산작업에서 원목의 집재비용이 가장 많은 비용을 차지하므로 이를 개선하기 위한 집재작업의 기계화와 작업시스템의 효율화가 시급히 요구된다고 할 수 있음.

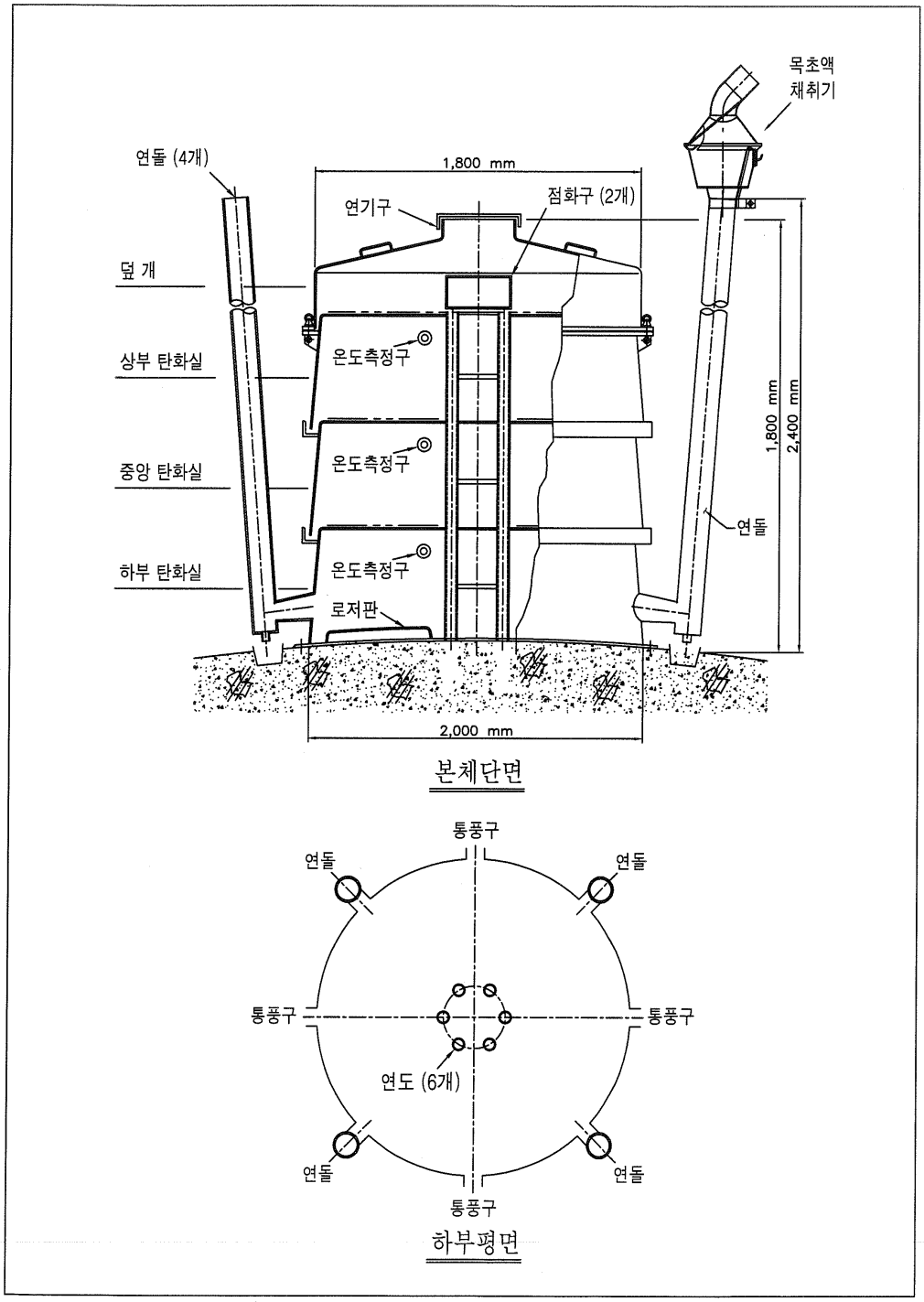
○ 또한 전체적인 임목생산작업의 채산성을 볼 때, 임목판매수입에 대한 임목생산비 지출이 36.6%이고 수익이 63.4%로서 상당한 수익의 효과를 나타내고 있는데 이러한 결과는 비록 임업기능인훈련원 자체의 직영사업에 의한 결과이지만, 서남부지역의 삼나무와 편백림에 대한 간벌사업에 있어서 충분한 채산성이 있다고 볼 수 있음.

부록 3. Pilot 장치의 설계도면

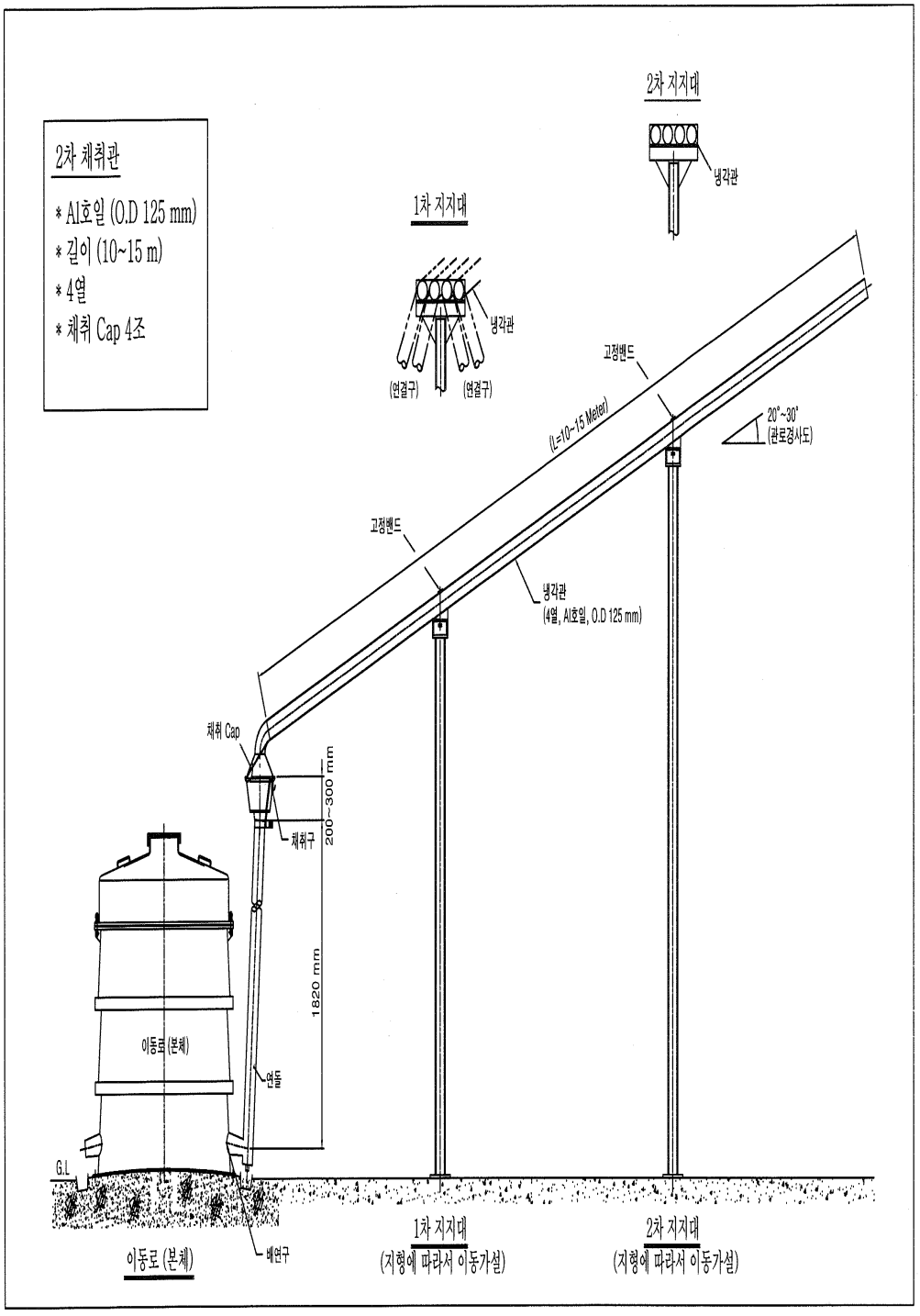
1. 한국형 이동식탄화로 조립완성도



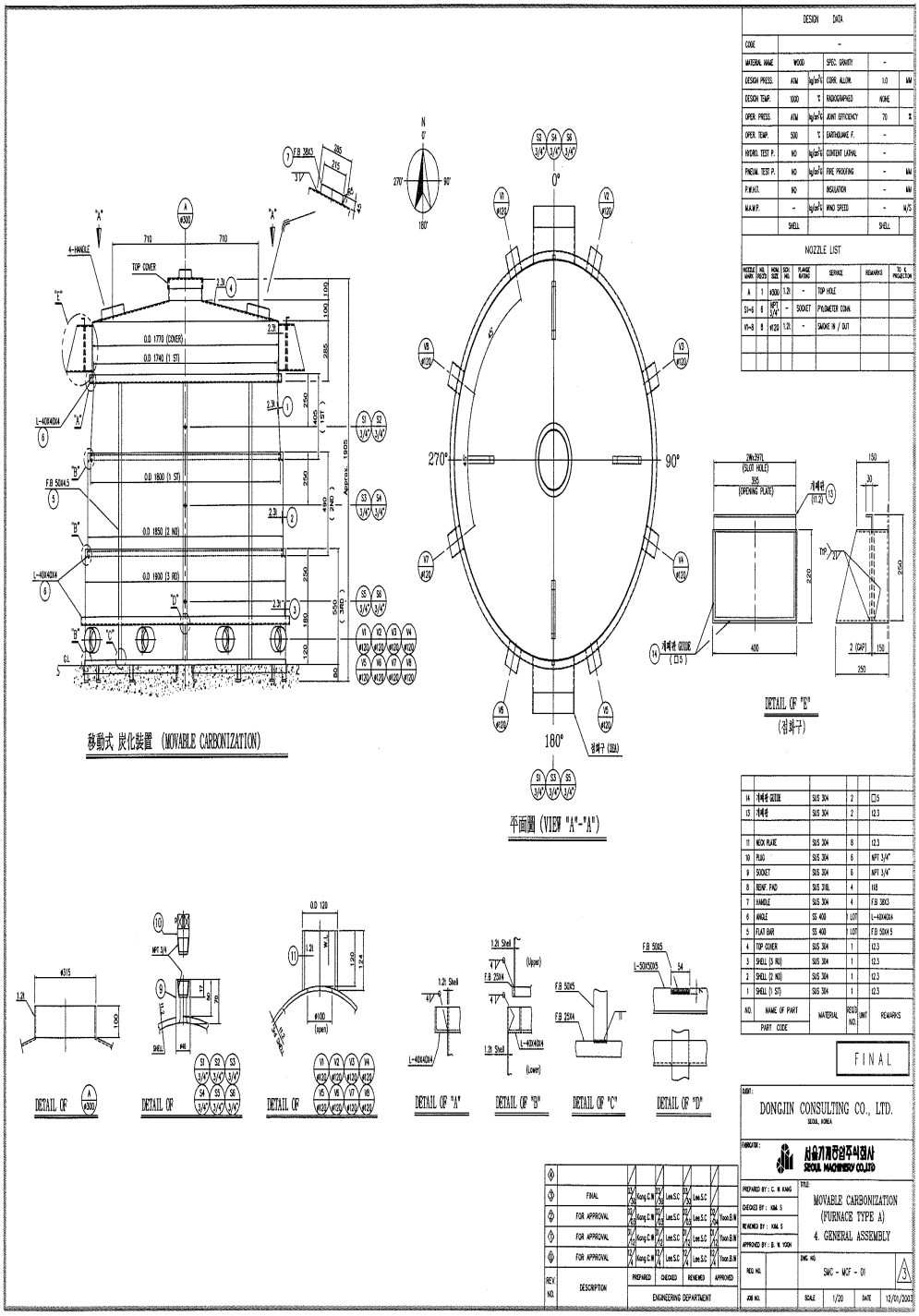
2. 한국형 이동식탄화로 조립완성도



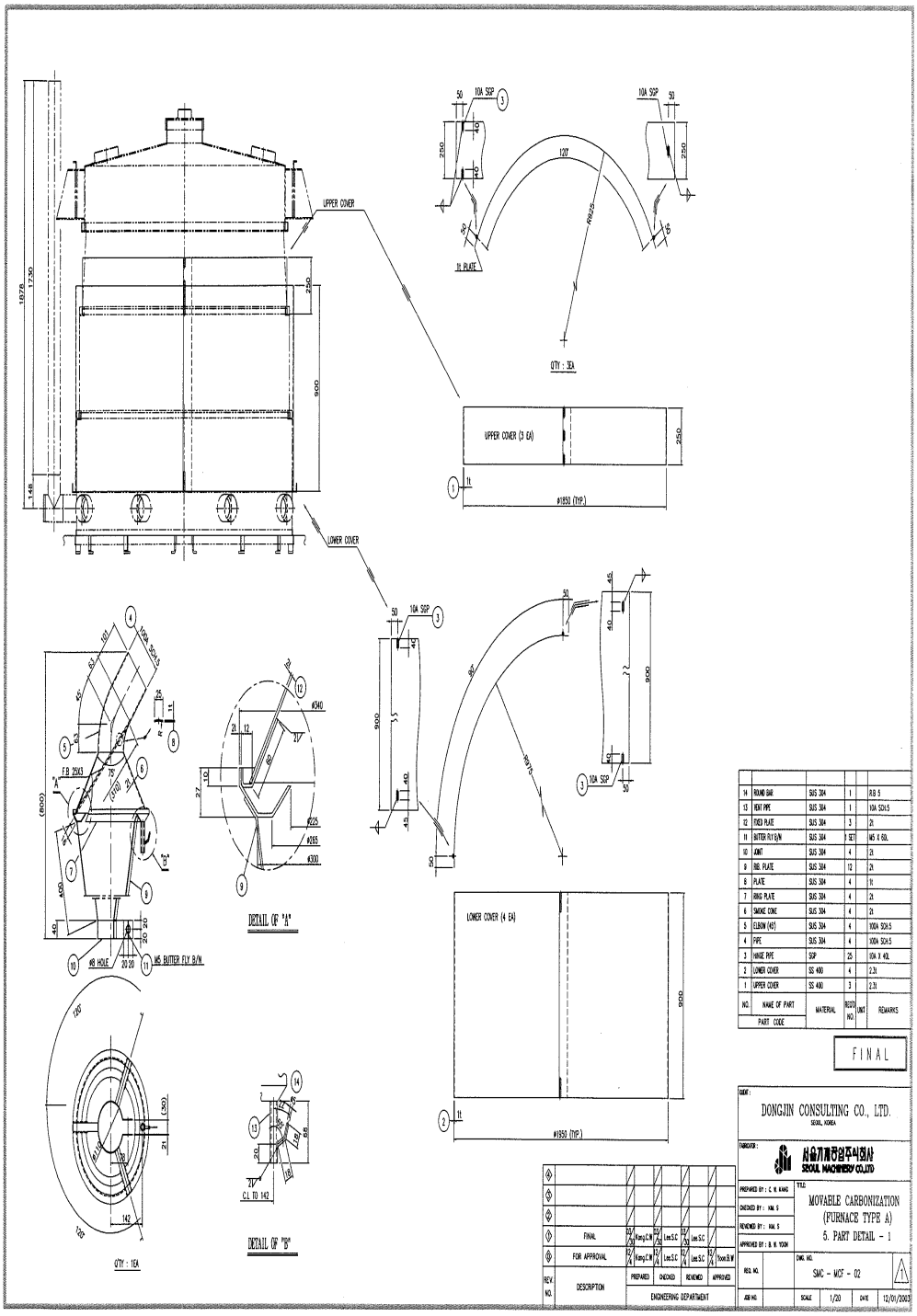
3. 목초액 2차 채취관(Line Schematic Plan)



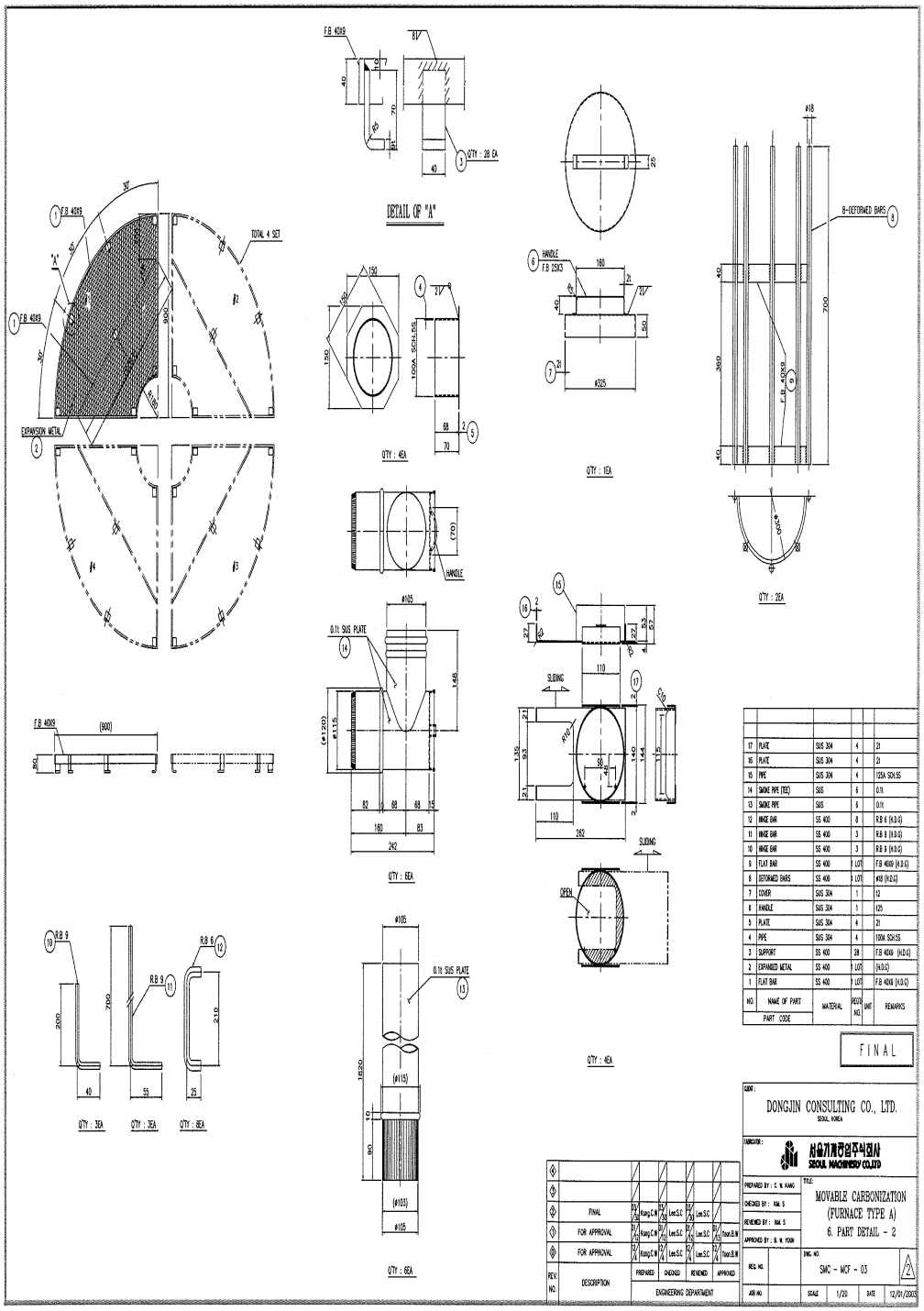
4. 이동식탄화로 조립도


DESIGN DATA
NOZZLE LIST
移動式 炭化裝置 (MOVABLE CARBONIZATION)
平面圖 (VIEW "A"-"A")
DETAIL OF "B"
(점화구)
DETAIL OF "A"
DETAIL OF "C"
DETAIL OF "D"
FINAL
DONGJIN CONSULTING CO., LTD.
SEOUL KOREA
서울기계공업주식회사
SEOUL MACHINERY CO.,LTD
MOVABLE CARBONIZATION
(FURNACE TYPE A)
4. GENERAL ASSEMBLY
SMC - M2F - 01
ENGINEERING DEPARTMENT

5. 이동식탄화로 상세도(1)



6. 이동식탄화로 상세도(2)



NO.	NAME OF PART	MATERIAL	REQ'D NO.	UNIT	REMARKS
17	PLATE	SUS 304	4		21
16	PLATE	SUS 304	4		21
15	PIPE	SUS 304	4		125A SCH.5S
14	SMOKE PIPE (TEE)	SUS	6		0.1t
13	SMOKE PIPE	SUS	6		0.1t
12	WIRE BAR	SS 400	8		R.B 6 (H.D.G)
11	WIRE BAR	SS 400	3		R.B 9 (H.D.G)
10	WIRE BAR	SS 400	3		R.B 9 (H.D.G)
9	FLAT BAR	SS 400	1 LOT		F.B 40X9 (H.D.G)
8	DEFORMED BARS	SS 400	1 LOT		#10 (H.D.G)
7	COVER	SUS 304	1		12
6	HANDLE	SUS 304	1		125
5	PLATE	SUS 304	4		21
4	PIPE	SUS 304	4		100A SCH.5S
3	SUPPORT	SS 400	28		F.B 40X6 (H.D.G)
2	EXPANDED METAL	SS 400	1 LOT		(H.D.G)
1	FLAT BAR	SS 400	1 LOT		F.B 40X6 (H.D.G)

PART CODE

REV. NO.	DESCRIPTION	PREPARED	CHECKED	REVIEWED	APPROVED
	FINAL	12/01 Kang.C.W	12/01 Lee.S.A	12/01 Lee.S.C	
	FOR APPROVAL	12/01 Kang.C.W	12/01 Lee.S.A	12/01 Lee.S.C	12/01 Yoon.D.W
	FOR APPROVAL	12/01 Kang.C.W	12/01 Lee.S.A	12/01 Lee.S.C	12/01 Yoon.D.W

ENGINEERING DEPARTMENT

부록 4. Pilot 장치의 시운전 자료

■ 설비명 : 한국형 이동식탄화로 시작품

- 모델명 : 원통형 조립식탄화로(Type A-1)

■ 시운전장소 : 수촌임산 성주공장

■ 시운전기간 : 2004년 3월 19일 ~ 5월 30일

1차시험 : 3월 16일 ~ 3월 19일

2차시험 : 3월 20일 ~ 3월 22일

3차시험 : 5월 28일 ~ 5월 30일

■ 사용원료목

- 수　　종 : 활엽수잡목 (주로 참나무)
- 수 분 율 : 35% (비중 약 1.0)
- 특기사항 : 간벌재 (소경목 50mm~150mm)

■ 공정별 시운전사항

1. 조립 및 원료투입공정

항　　목	1차 시험	2차 시험	3차 시험
투 입 량(kg)	1,400	1,500	1,500
작 업 인 원(인)	2	2	2
소요시간(시간)	3	2.5	2.5
소요공수(m/h)	6m/h	5m/h	5m/h

2. 점화・착화공정

항 목	1차 시험	2차 시험	3차 시험
시험일자	3월17일	3월20일	5월28일
날 씨	흐림	맑음	흐림
점화개시시간	10:00	10:00	11:30
점화・착화 완료시간	13:00	12:30	14:30
점화・착화 소요시간	3시간	2.5시간	3시간
점화재 사용량(kg)	200	260	250
중앙배연구온도(℃)			
1시간후	52	61	-
2시간후	70	74	-
3시간후	90	102	109
작업인원(인)	2	2	2

비고 : 연돌설치전

3. 탄화공정

항 목	1차 시험	2차 시험	3차 시험	비 고
탄화개시시	3월17일 13:00	3월20일 12:30	5월28일 14:30	착화완료시점
탄화완료시	3월18일 14:00	3월21일 12:00	5월29일 15:30	소화개시점
탄화소요시간	25시간	23.5시간	25시간	정련포함
작업인원(인)	1	1	1	

- 목초액 채취작업

항 목	1차 시험	2차 시험	3차 시험	비 고
채취개시시간	-	-	5월28일/17:00	
채취완료시간	-	-	5월29일/8:00	
채 취 시 간	-	-	15시간	
채 취 량(ℓ)	(18)	(32)	45	
채 취 장 소	연돌	연돌	채취장치	

비고 : 1차, 2차 시험시에는 2차 냉각관 없이 채취한 것임.

- 탄화로 표면온도 측정치(℃)
(탄화로 정면 표면온도)

항 목	1차 시험	2차 시험	3차 시험
측정시간	4시간후	4시간후	4시간후
상 단	130	120	131
중 단	70	90	70
하 단	56	61	64
측정시간	8시간후	8시간후	8시간후
상 단	145	144	121
중 단	71	101	82
하 단	67	62	66
측정시간	12시간후	12시간후	12시간후
상 단	170	145	150
중 단	98	92	101
하 단	73	72	82
측정시간	16시간후	16시간후	16시간후
상 단	158	147	152
중 단	136	109	158
하 단	126	96	122
측정시간	20시간후	20시간후	20시간후
상 단	191	184	199
중 단	156	153	163
하 단	166	164	179

4. 소화・냉각공정

항 목	1차 시험	2차 시험	3차 시험	비 고
소화개시시간	3월18일 14:00	3월21일 12:00	5월29일 15:30	완전밀폐
냉각완료시간	3월19일 16:30	3월22일 14:00	5월30일 16:30	로 개방시점
소화・냉각 소요시간	26.5	26	25	
냉각온도 측정치(℃)				
소화개시	166	164	179	
6시간후	114	-	-	
12시간후	72	64	69	
18시간후	61	-	-	
24시간후	29	26	27	

비고 : 냉각온도 측정치는 탄화로 하단 로외벽표면 온도임.

5. 출탄공정

항 목	1차 시험	2차 시험	3차 시험	비 고
작업인원(인)	2	2	2	
소요시간(시간)	2	2	2	
출 탄 량(kg)	260	310	300	
수 탄 율(%)	18.6	20.7	20.1	
품 질(육안)	양호	양호	양호	

6. 총공정별 소요시간 및 작업공수

구 분	항 목	원료투입	점·착화	탄화	소화냉각	출탄	계
1차시험	소요시간	3	3	25	26.5	2	59.5(h)
	작업인원	2	2	1	1	2	67.5(m/d)
2차시험	소요시간	3	2.5	23.5	26	2	57.0(h)
	작업인원	2	2	1	1	2	64.5(m/d)
3차시험	소요시간	2.5	3	25	25	2	57.5(h)
	작업인원	2	2	1	1	2	65.0(m/d)

시운전 공정별 사진

1. 조립완성도

2. 원료장입(하단)

3. 원료장입(상단)

4. 탄화공정(착화중)

4-1 탄화초기

4-2 탄화 말기

6. 냉각기

7. 보온덮개의 설치

8. 목초액채취장치

9. 생성제품(목탄・목초액)

부록 5. 조립식 탄화장치의 운전요령

○ 한국형 조립식탄화장치는 현장에서 편리하게 조작할 수 있게 설계되었으며 조립 및 제탄작업의 요령을 요약하면 다음과 같다.

(1) 제탄용 원료목의 전처리

- 탄재의 최대직경 15cm정도, 길이 50~60cm정도
- 굵은 나무는 쪼개서 사용
- 건조목 일수록 점화-착화시간이 단축되나 생나무가 균일하고 양질의 목탄을 생산할 수 있다.
- 활엽수종이 침엽수보다 좋은 숯이 된다.

(2) 로하단의 설치와 원료목투입

- 선정된 평탄한 지면에 본체 하단을 정치
- 그 속에 Base Plate를 원형으로 조립
- Base Plate 중앙에 연도를 설치
- 중앙연도 속에 마른 점화용 나무를 채운다.
- 원료목을 연도주위부터 틈새없이 채워간다.

(3) 중단·상단의 설치와 원목투입

- 하단과 같은 요령으로 중단·상단에 원료목을 투입
- 탄재의 투입이 완료되면 탄재위에 점화재를 쌓아올린다.

(4) 덮개의 설치와 로체의 밀폐

- 맨위에 덮개를 올려놓고
- 로본체의 이음부분을 모래로 밀폐

(5) 점화・착화

- 점화구를 통하여 점화(양측에서 동시점화)
- 마른나무를 점화재로 자주 보충한다.
- 탄재의 함수율에 따라 차이가 있으나 일반적으로 정화후 1~2시간 정도면 착화된다.

(6) 탄화작업

- 어느 정도 착화되면 하얀연기가 중앙배연구로 나간다.
- 연돌 4개를 하단 연돌구에 한 개 걸러 취부
- 연돌을 설치하지 않는 연돌구는 통풍구로 완전개방
- 연돌 설치후 덮개 중앙구와 점화구 밀폐
- 4개의 연돌에서 연기가 세차게 나온다
- 착화가 확인되면 상부・하부 보온 Cover설치
- 통풍구의 개도 조절로 탄화조절

(7) 목초액 채취

- 착화가 확실하고 배연온도가 80℃정도가 되면 연돌위에 연기포집후드를 설치하고 연기 냉각관에 연결하여 목초액 채취개시
- 연기포집후드에 설치된 고리에 목초액 채취통 취부
- 탄화가 진행되어 청색연기가 엷어지고 배연온도가 150~200℃를 상회하면 목초액 채취중단

(8) 탄화완료

- 탄화의 진행에 따라 연기가 나오지 않는 연돌이 생기면 각 배연온도를 점검하여 통풍조절
- 어느 정도 탄화가 완료되면 연돌을 제거하고 통풍구 8개를 모두 개방하여 1~2시간 정련을 실시, 미연소 가스의 완전연소

(9) 소화・냉각

- 정련실시 후 모든 통풍구를 밀폐하고 소화개시
- 상・하 보온Cover를 철거하여 냉각 촉진

(10) 출탄

- 완전소화를 확인 후 덮개, 상단, 중단, 하단 순으로 로를 해체하며 숯을 취출한다.
- 취출된 숯은 안전하게 보관한다.

총 탄화작업시간은 탄재의 종류, 크기, 함수율과 기상조건에 따라 변하나 원료투입부터 출탄작업까지 약 50~60시간이 소요된다.

부록 6. 목탄·목초액의 규격과 품질

목탄의 규격과 품질

제정 1990. 7. 19. 산림청고시 제11호
개정 2000. 1. 14. 임업연구원고시 제41호
개정 2004. 3. 5. 국립산림과학원고시 제2004-2호
개정 2004. 6. 22. 국립산림과학원고시 제2004-5호

제1조(적용범위) 이 기준은 국내에서 생산되는 목탄과 국외에서 수입되는 목탄에 대하여 적용한다.

제2조(용어의 정의) 이 기준에 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

1. “탄재(炭材)”라 함은 숯을 굽는 원료인 원목, 대나무, 목재 삭편(削片), 톱밥 등을 말한다.

2. “임목탄(林木炭)”이라 함은 침엽수, 활엽수원목을 탄재로 하여 축요제탄(築窯製炭) 가마에서 제탄한 것을 말한다.

3. “대나무숯”이라 함은 대나무를 탄재로 하여 축요제탄 가마나 기계식 탄화로(炭化爐)에서 제탄한 것으로 대나무 원형을 유지한 통대나무 숯이나 일정한 형태를 가지는 조각 대나무숯 모두를 포함한다.

4. “톱밥숯”이라 함은 톱밥, 목재삭편, 대나무 조각을 탄재로 하여 평요 또는 기계식 탄화로에서 제탄한 것으로 물을 사용하여 소화(消火)하거나 냉각하여 소화 한 것을 말한다.

5. “흑탄(黑炭)”이라 함은 정련(精鍊) 후 요내(窯內)소화법으로 소화하여 얻은 목탄을 말한다.

6. “백탄(白炭)”이라 함은 정련 후 요외(窯外)소화법으로 소화하여 얻은 목탄을 말한다.

7. “소분(消粉)”이라 함은 요외소화법으로 소화할 때 사용되는 것으로 흙, 모래, 재 등

이 혼합된 것을 말한다.

제3조(목탄 분류) 목탄은 임목탄(흑탄, 백탄), 대나무숯, 톱밥숯으로 분류한다.

제4조(제탄 가마) 제탄 가마는 전통식 숯가마와 기계식 탄화로로 각각 다음과 같다.

1. 전통식 숯가마

가. 축요제탄가마 : 흑탄가마(진흙등을 사용하여 만든 것), 백탄가마(돌, 진흙 및 내화벽돌 등을 사용하여 만든 것)

나. 건류(乾溜)가마 : 건류방식의 철제가마로 탄재와 숯을 넣고 꺼내는 방식에 따라 단속식과 연속식으로 구분하며, 가열방법에 따라 내열식과 외열식으로 구분한다.

다. 평요(平窯) : 천장이 없는 개방된 형태의 가마

2. 기계식 탄화로 : 목재 삭편, 톱밥, 대나무나 대나무 조각의 사용 탄재를 밀폐된 기계장치로 숯을 생산하는 제탄장치

제5조(숯 제조방법) 숯 제조방법은 다음과 같다.

1. 흑탄은 전통식 가마에 탄재를 넣어 350~400℃로 탄화하고 최후에 약 700℃로 온도를 높여 숯을 정련한 후 요입구, 통풍구, 배연구 등을 밀폐하여 충분히 냉각시킨 다음 출탄한다(요내소화법).

2. 백탄은 전통식 가마에서 탄화 조작을 300℃로 탄화하고 최후에 숯가마 입구를 서서히 넓혀 900~1,000℃로 숯을 충분히 정련시켜 벌겋게 달군 후, 꺼내어 소분을 덮어 소화하거나 밀폐용기에 넣어 냉각시킨다(요외소화법).

3. 건류제탄은 탄재 종류에 따라 목재건류, 송근건류, 톱밥 및 수피 건류로 나눈다.

4. 평요 제탄은 수분이 많은 톱밥, 수피 및 목재 삭편 등으로 톱밥숯을 제탄하는데 천정이 없는 숯가마 바닥에 지하연도를 설치하고 굴뚝과 연결하여 탄화하며, 탄화 중 요의 바닥 온도는 200~300℃ 정도이다.

5. 기계식 제탄은 목재 삭편, 톱밥(수피포함), 대나무나 대나무 조각의 탄재를 제탄하는 시설이다.

가. 직접 가열식은 불을 붙인 후 외부에서 열을 공급하지 않고 목재 삭편 등 탄재가 제한적으로 공기와 접하여 스스로 열분해 되는 탄화 방식이다.

나. 간접 가열식은 외부에서 열을 공급하여 목재 삭편 등 탄재가 열분해 되는 탄화방식이다.

제6조(품질 및 품질시험 기준) 목탄의 품질기준 및 품질시험 기준은 다음과 같다.

1. 품질기준

가. 임목탄 및 대나무 숯의 품질기준은 별표 1과 같다.

나. 톱밥 숯의 품질기준은 별표 2와 같다.

2. 품질시험 기준

가. 임목탄과 대나무숯의 형태 및 표면의 색채

(1) 임목탄은 수피가 붙어 있는지 또는 제탄 후 인위적으로 수피를 제거하였는지를 관찰하고, 표면의 색채를 관찰하여 흑탄과 백탄으로 구분한다.

(2) 대나무 숯은 표면의 색채를 관찰하여 구분한다.

나. 절단면의 형태 및 색채

임목탄과 대나무 숯에 물리적으로 충격을 가하여 절단된 횡단면의 형태와 색채를 관찰하여 판정한다.

다. 크기

단위(예 1, 5, 8, 10, 20, 40kg 및 ℓ등)별로 포장된 전량을 가로, 세로 3㎝눈의 체로 선별하여, 이 체를 통과하는 것을 중량비로 환산한다.

라. 수분

(1) 단위(예 1, 5, 8, 10, 20, 40kg 및 ℓ등)별로 포장된 것을 개봉하고, 대표할 수 있는 시료를 채취하여 중량을 측정한 후 105±3℃의 건조기 내에서 16시간 이상 건조한다.

(2) (1)의 방법에 의해 건조된 것을 데시케이터 내에서 냉각시킨 후 중량을 측정하고 2시간마다 건조시켜 항량을 구하여 중량비로 수분을 표시한다.

마. 회분

(1) 단위(예 1, 5, 8, 10, 20, 40kg 및 ℓ등)별로 포장된 것을 개봉하고, 대표할 수 있는 시료를 채취하여 60 mesh 이하로 분쇄한 후, 약 1g의 기건 시료를 소 수 4자리까지 중량을 측정한다.

(2) 미리 중량을 측정한 자제(磁製)도가니에 넣고 800±10℃까지 온도를 서서히 올려 가열 회화한다. 잔류물 중량을 측정하여 전건시료 중량에 대한 백분율을 구하여 3회 반복 시험한 평균치를 회분으로 한다.

(3) 이때 잔류물 중 탄소입자가 존재할 경우에는 소량의 초산암모늄 또는 3% 과산화수소를 가하여 축축하게 한 후, 다시 800±10℃까지 온도를 올려 가열 회화한다.

바. 발열량

(1) 단위(예 1, 5, 8, 10, 20, 40kg 및 ℓ등)별로 포장된 것을 개봉하고, 대표할 수 있는 시료를 채취하여 80 mesh 이하로 분쇄한 후 함수율을 측정한다.

(2) 표준물질인 안식향산(6,321 kcal/kg)을 사용하여 5 kcal/kg의 열량을 조정한 열량계를 사용한다.

(3) 이와 같이 조정된 열량계를 사용하여 시료의 열량을 측정하고, 측정된 열량을 전건무게로 환산하여 발열량으로 한다.

사. 기타

(1) 임목탄과 대나무 숯 중 미 탄화되어 연기가 발생하는 것에 대한 시험은 실험용 화덕에 적당량(250g 이상)의 숯을 놓고 불을 붙인 후 연기가 발생되는지를 시험한다.

(2) 미탄화 물질, 즉 수피, 흙, 철물 등과 같이 회분 시험에서 측정할 수 없는 것을 육안으로 판정한다.

제7조(품질 표시 및 기재 방법) 품질 표시 및 기재방법은 별표 3과 같으며 표시위치는 소비자가 알아보기 쉽게 표면에 표시한다.

부 칙

1. 이 목탄의 규격과 품질은 고시한 날부터 시행한다.

임목탄과 대나무숯의 품질기준

구 분			품 질 기 준		
			임 목 탄		대나무숯
			흑 탄	백 탄	
재료및품질	원 료		침엽수, 활엽수	좌와 같음	대나무
	수 피		수피가 붙어있음	수피가 없음	-
	표면의 색채		흰 잿빛을 띠지 않는 검은색	흰 잿빛을 띠는 검은색	검은색 (은빛 띠는 것 포함)
	절단면	형태	조개 껍데기 모양을 나타냄	좌와 같음	-
		색채	금속 광택	좌와 같음	금속 광택
	크 기		3㎝눈의 체를 통과하는 것이 7%이하	좌와 같음	-
	수 분		10% 이하	좌와 같음	좌와 같음
	회 분		3.0% 이하	좌와 같음	5.5% 이하
	발열량		5,500 kcal/kg 이상	좌와 같음	좌와 같음
	기 타		불을 완전히 붙였을 때 연기가 발생하지 않고 튀는 것이 없거나 적을 것	좌와 같음	좌와 같음
포 장			견고한 것으로 포장하여 내용물이 새어나오지 않도록 하며, 단위는 40㎏을 기준으로 함(단, 수요에 따라 1, 5, 8, 10, 20, 30㎏ 등의 소량 단위 포장도 가능하며 부피 단위인 ℓ로 표시 가능)		

톱밥숯의 품질기준

구 분		품 질 기 준
재료및품질	재 료	목재 삭편, 톱밥, 톱밥+대패밥, 대나무 조각
	수 분	30% 이하
	회 분	10% 이하
	발열량	5,500 kcal/kg 이상
	기 타	미탄화 물질 : 수피, 흙, 철물 등 불순물이 섞이지 않아야 함
포 장		○ 포장 규격은 용량 40㎏를 기준으로 함(단, 수요에 따라 1, 5, 8, 10, 20, 30㎏ 등의 소량 단위 포장도 가능하며 부피 단위인 ℓ로 표시 가능) ○ 포장된 것은 내용물이 새어나오지 않도록 밀봉하여야 함

품질표시 및 기재방법

1. 품질표시

가. 품질표

숯 품질		
상 품 명		
숯의 종류		
원 료		
원 산 지		
품질	수 분	
	회 분	
	발열량	
무게 또는 부피		
생산자	주 소	(전화 :)
(수입자)	성 명 (회사명)	
제 조 일 자		

나. 제작 및 부착기준

(1) 표의 크기는 조정할 수 있으나 가로2 : 세로3의 비율은 유지하여야 한다.

(2) 포장상자 표면에 직접 인쇄하거나 용지에 인쇄하여 부착하며, 마대와 같은 것으로 포장할 때에는 꼬리표에 인쇄하여 부착할 수 있다.

2. 품질표의 기재 방법

숯 품질		
상 품 명		각 회사의 고유 상품명을 표시한다.
숯의 종류		흑탄, 백탄, 대나무숯과 톱밥숯으로 구분하여 표시한다.
원 료		침엽수, 활엽수, 대나무 및 톱밥, 대패밥 또는 대나무조각 등으로 구분하여 표시한다.
원 산 지		생산된 국가를 표시한다.
품 질	수 분	소수 첫째 자리까지 명기하여 % 이하로 표시한다.
	회 분	소수 첫째 자리까지 명기하여 % 이하로 표시한다.
	발열량	십 단위까지 명기하여 0,000 kcal/kg 이상으로 표시한다.
무게 또는 부피		무게는 kg 단위, 부피는 ℓ로 표시한다.
생산자	주 소	생산자 또는 수입자의 주소를 표시하며 ( )에는 전화번호를 표시한다.
(수입자)	성 명 (회사명)	대표자의 성명, 회사명을 표시한다.
제 조 일 자		숯을 생산한 년, 월, 일을 표시한다.

목초액의 규격과 품질

제정 1999. 5. 1. 임업연구원고시 제35호
개정 1999. 5. 25. 임업연구원고시 제36호
개정 2001. 7. 1. 임업연구원고시 제42호
개정 2004. 6. 22. 국립산림과학원고시 제2004-4호

제1조(적용범위) 이 기준은 국내에서 생산되는 목초액(죽초액 포함)과 국외에서 수입되는 목초액에 대하여 적용한다.

제2조(용어의 정의) 이 기준에 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

1. “목초액”이라 함은 목질계 원료를 탄화할 때 발생되는 연기를 냉각시켜 얻은 액을 말한다.

2. “죽초액”이라 함은 대나무류 원료를 탄화할 때 발생되는 연기를 냉각시켜 얻은 액을 말한다.

3. “정제(精製)”라 함은 조제품(粗製品)에 인공을 가하여 한층 더 좋은 제품을 만드는 것으로서 방법으로는 정치(靜置), 여과(濾過), 증류(蒸溜)가 있다.

4. “정치(靜置)”라 함은 내산성(耐酸性) 용기에 담아 일정기간 놓아두는 것을 말한다.

5. “여과(濾過)”라 함은 필터 등으로 이물질을 걸러 내는 것을 말한다.

6. “증류(蒸溜)”라 함은 가열하여 증기로 변화시킨 뒤에 그것을 냉각하여 응축시키는 것을 말한다.

7. “흡착(吸着)”이라 함은 활성탄, 규조토, 점토 등의 흡착제를 사용하여 이물질을 제거하는 것을 말한다.

8. “굴절률(屈折率)”이라 함은 빛의 굴절을 이용하여 액체내의 농도를 측정하는 것으로 물의 굴절률(20℃) 1.33299일 때 0%Brix로 규정한다.

제3조(사용원료) 사용원료는 활엽수, 침엽수와 대나무류로서 이외의 이물질을 함유하지 않아야 한다.

제4조(제탄 가마) 목초액 제조용 전통식 숯가마, 응용식 숯가마 및 기계식 탄화로의 구분은 다음과 같다.

1. 전통식 숯가마

가. 축요제탄가마 : 흑탄가마, 백탄가마

나. 건류가마 : 소형의 철제가마

다. 평요가마 : 천장이 없는 개방된 형태의 가마

2. 응용식 숯가마

밀폐된 기계장치로 외부에서 열을 가하여 탄화로 내의 온도를 올리는 간접가열방법으로 탄화하는 설비로 숯과 목초액을 생산하는 장치

3. 기계식 탄화로

밀폐된 기계장치로 탄재를 직접가열방법으로 탄화하여 연속적으로 숯과 목초액을 생산하는 설비로서 목초액을 주로 생산하는 탄화장치

제5조(채취방법) 제3조에 명시한 사용원료가 탄화될 때 발생되는 연기를 냉각시켜 얻는다.

1. 전통식 숯가마

지상부로 노출된 굴뚝 밑바닥에서 10~20cm 떨어진 부위의 배연(排煙) 온도가 80~150℃ 사이의 연기를 냉각하여 얻는다.

2. 응용식 숯가마 및 기계식탄화로

연기가 배출되는 부위의 온도가 150℃ 이하의 것을 냉각하여 얻는다.

제6조(목초액 분류) ①조목초액은 원료가 탄화할 때 발생되는 연기(전통식 숯가마의 경우 배연 온도 80~150℃, 기계식의 경우 연기채취온도 150℃ 이하)를 냉각시켜 정제 과정을 거치지 않은 것을 말하며 원료에 따라 구분한다.

1. 활엽수를 원료로 한 것은 활엽수 조목초액이다.

2. 침엽수를 원료로 한 것은 침엽수 조목초액이다.

3. 대나무류를 원료로 한 것은 조죽초액이다.

②정제목초액은 조목초액을 2~3일간 정치하여 2층 또는 3층으로 분리한 후, 2층 으로 분리된 경우는 상층부, 3층으로 분리된 경우는 중간층의 적갈색의 수용성액을 6개월 이상 정치시킨 후, 이 정치한 액을 타르 제거용 필터 등으로 흡착·여과하는 방법으로 목초액 중의 불안정한 성분을 제거 시켜 맑고 투명한 적갈색의 액으로 원료에 따라 구분한다.

1. 활엽수 조목초액을 원료로 한 것은 활엽수 정제목초액이다.

2. 침엽수 조목초액을 원료로 한 것은 침엽수 정제목초액이다.

3. 조죽초액을 원료로 한 것은 정제죽초액이다.

③증류목초액은 조목초액 또는 정제목초액을 가열 또는 감압(減壓) 증류하여 얻은 담황색의 액으로 원료에 따라 구분한다.

1. 활엽수 목초액을 원료로 한 것은 활엽수 증류목초액이다.

2. 침엽수 목초액을 원료로 한 것은 침엽수 증류목초액이다.

3. 죽초액을 원료로 한 것은 증류죽초액이다.

제7조(처리 및 보존방법) 조목초액 과 조죽초액을 정제 처리한 정제목초액 또는 정제죽초액은 자연의 상태로 보존해야 한다.

제8조(용기재질) 채취, 정제 및 저장하는 용기의 재질은 내산성이어야 한다.

제9조(품질기준 및 품질시험기준) 품질기준 및 품질시험기준은 다음과 같다.

1. 품질기준

품질기준은 별표 1과 같다.

2. 품질시험기준

가. 보메비중

중(重)보메비중계(범위 : 0~10)를 사용하고, 측정시 온도는 15±1℃에서 측정한다.

나. 산량

산량은 초산에 의한 것으로 간주하여 계산한다. 시료 1㎖를 100배로 희석한다. 이 용액에 페놀프탈레인 지시약을 2~3방울 넣고 0.1N NaOH액으로 적정하여 중화점을 구하거나, pH측정기를 사용하여 pH가 8.15가 될 때까지 0.1N NaOH 용액을 뷰렛으로 서서히 떨어뜨려 그 때 소비량을 구하여 다음 식으로 계산한다.

$$산량(\%) = \frac{NaOH소비㎖수 \times 60.04 \times F \times 0.1}{1000} \times 100$$

여기서 F는 0.1N NaOH 규정용액의 펙터이고, 60.04는 초산(CH3COOH)의 분자량이다.

다. pH

소수점 첫째자리까지 읽을 수 있는 전극이 달린 pH 측정기로 측정한다.

라. 용해타르

시료 20.00g을 증발접시에 넣고 125±5℃로 조절한 건조기 내에서 24시간 이상 건조한 후 고형분 잔사를 칭량하여 중량비를 백분비로 표시한다.

마. 굴절률(%Brix)

0점 조절계가 달린 브릭스 굴절계로 측정한다.

바. 육안판별

시료 100㎖를 유리제품의 메스실린더 용기에 담아서 흰 종이에 올려놓고, 상부 를 관찰하여 색, 탁도, 타르 미립자, 이물질 혼입 등의 품질을 육안으로 구별한다.

제10조(품질표시 및 기재 방법) 품질표시 및 기재방법은 별표 2와 같으며 표시위치는 소비자가 알아보기 쉽게 표면에 표시한다.

부 칙

1. 이 목초액의 규격과 품질은 고시한 날부터 시행한다.

목초액의 품질기준

구분	원료	보메비중 (。Be)	산량 (%)	pH	용해타르 (%)	굴절률 (%Brix)	육안판별
전통식 숯가마	침엽수	0.6~5.5	1.5~5.0	3.5이하	2.0이하	3.5이상	적갈색, 투명
	활엽수	0.6~2.5	3.0~6.5	3.5이하	1.5이하	3.5이상	적갈색, 투명
응용식 숯가마	침엽수	1.0~5.5	2.0~5.0	3.5이하	2.0이하	5.0이상	적갈색, 투명
	활엽수	1.0~2.5	4.0~7.0	3.5이하	1.5이하	5.0이상	적갈색, 투명
기계식 탄화로	침엽수	2.5~5.5	2.3~5.5	3.5이하	5.0이하	7.0이상	적갈색, 투명
	활엽수	2.5~5.5	4.5~9.0	3.5이하	5.0이하	7.0이상	적갈색, 투명
증류 목초액	침엽수	0.0~2.5	0.8이상	3.5이하	0.3이하	0.8이상	담황색, 투명
	활엽수	0.0~2.5	1.0이상	3.5이하	0.3이하	0.8이상	담황색, 투명

다만, 대나무류를 원료로 하는 죽초액의 품질기준은 활엽수 기준에 준한다.

품질표시 및 기재방법

1. 품질표시

가. 품질표

목초액(죽초액) 품질		
상품명		
목초액 종류		(　　ℓ)
가마종류		
원　료		
원산지		
품　질	보메비중(°Bé)	
	산량(%)	
	pH	
	용해타르(%)	
	굴절률(%Brix)	
생산자 또는 수입자	주소	(전화번호　　)
	성명(회사명)	
제 조 일 자		년　월　일
※본 제품은 식용불가		

나. 제작 및 부착기준

(1) 표의 크기는 포장에 따라 조정할 수 있으나 가로 2:세로 3비율은 유지되어야 한다.

(2) 국내 생산자 또는 수입자가 포장단위별로 표시한다.

(3)포장재 표면에 직접 인쇄하거나 용지에 인쇄하여 부착할 수 있다.

2. 품질표의 기재 방법

목초액(죽초액) 품질		
상 품 명		생산자(수입자)의 고유 상품명을 기록한다.
목초액 종류		조목초액, 정제목초액, 증류목초액, 조죽초액, 정제죽초액, 증류죽초액으로 분류하여 표시한다. (　)내는 용량을 ℓ단위로 표시한다.
가마종류		전통식, 응용식, 기계식으로 분류하여 표시한다.
원　료		침엽수, 활엽수와 대나무로 구분하여 표시한다.
원 산 지		생산된 국가를 기록한다.
품질은 시험성적을 기재	보메비중(°Bé)	소수점 첫째 자리까지 표시한다.
	산량(%)	소수점 첫째 자리까지 표시한다.
	pH	소수점 첫째 자리까지 표시한다.
	용해타르(%)	소수점 둘째 자리까지 표시한다.
	굴절률(%Brix)	소수점 첫째 자리까지 표시한다.
생산자 또는 수입자	주　소	생산된 주소를 표시한다.
	성 명(회사명)	대표자 성명(회사명)을 표시한다.
제 조 일 자		목초액이 생산된 년, 월, 일을 표시한다.
※ “본 제품은 식용불가” 라는 문구는 소비자가 잘 알아볼 수 있게 붉은색으로 선명하게 표시한다.		

주 의

1. 이 보고서는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.

2. 이 보고서의 내용을 발표할 때에는 반드시 농림부에서 시행한 농림기술 개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.