

VII. 임업기계

국립산림과학원

교재 목록

권	분 야	과 목
I	산림일반	1. 산림입지
		2. 산림생태
II	산림종묘	1. 산림종자
		2. 양묘
III	조림	1. 갱신일반
		2. 인공갱신
		3. 천연갱신
IV	육림	1. 육림의사 결정
		2. 숲조성
		3. 숲관리
		4. 특수지 무육
		5. 임분전환
V	산림경영	1. 산림측정
		2. 임업경영
		3. 산촌개발
VI	임업경제·정책	1. 임업경제
		2. 임업정책
VII	임업기계	1. 임업기계화
		2. 임업기계
		3. 임목수확 작업
		4. 임업노동 및 작업관리
VIII	산림토목	1. 산림토목일반
		2. 산림측량
		3. 임도
		4. 사방
IX	산림기능별 숲가꾸기	1. 산림의 기능구분
		2. 목재생산림의 조성·관리
		3. 산지재해방지림의 조성·관리
		4. 산림휴양림의 조성·관리
		5. 생활환경림
		6. 수자원함양림
		7. 자연환경보전림의 조성·관리

머 리 말

1973년 치산녹화10개년계획을 시작으로 20여년 간은 온 국민이 동참하여 험벗은 산에 나무를 다시 심는 녹화조림기였습니다. 산림의 자원화를 목표로 또 한번의 10개년계획을 추진하였지만 울창한 숲을 숲다운 숲으로 만들지는 못하였다는 생각을 갖지 않을 수 없습니다.

이제는 지속가능한 산림경영의 시대를 맞이하여 산림의 사회적, 환경적, 경제적 기능을 고도로 발휘할 수 있는 숲을 만들고 가꾸어야 할 시점에 와 있습니다. 산림청은 2004년부터 우리 과학원 연구진을 중심으로 한 숲가꾸기 지원팀과 지역전문가와 임업계 원로들로 구성된 민간자문단을 위촉하여 숲가꾸기 현장대응시스템을 운영하고 있습니다. 국유림과 사유림을 대상으로 수십 차례의 숲가꾸기 현장토론회를 개최하여 의사가 처방전을 지어 주듯이 숲가꾸기 전문가의 진단을 받아 숲을 가꾸는 모델을 제시하고 다양한 산림 현장에 파급될 수 있도록 노력해 왔습니다.

과학적, 기술적인 뒷받침을 위하여 우리 과학원은 38명이 대거 참여하는 숲가꾸기 지원 T/F팀을 조립, 경영, 수확, 교육 등 전문팀으로 구성하였습니다. 첫 번째 임무는 산림청 훈령인 「지속가능한 산림자원 관리지침」에 대한 해설서로서 뿐만이 아니라 산림을 기능에 따라 관리하는 방법, 임상별로 관리목표에 따라 산림을 가꾸는 방법 등 현장 실무자가 이해하기 쉬운 숲가꾸기 매뉴얼을, 두 번째는 숲가꾸기 교재를 발간 하는 것이었습니다.

T/F팀이 구성된지 불과 3개월여 만에 2005년 3월 산림관리자가 현장에서 올바른 숲가꾸기 기술을 실현하는데 도움이 되고 휴대하면서 이용하기 쉽도록 포켓용 『지속가능한 산림자원관리 표준매뉴얼』을 이 세상에 내 놓았습니다.

산림 관련 훈련기관으로는 산림청 산하의 연수기관과 산림조합 산하의 3개 기술·기계·기능인 훈련원이 있습니다. 숲가꾸기를 비롯한 수많은 산림관리 기술들이 이곳에서 가르쳐지고 있지만 최근의 연구정보와 기술을 갱신하고 전파하는데 한계가

있었습니다. 또한 교수요원 개인의 자료축적과 역량에만 의존해 온 경향도 있었습니다. 금번 숲가꾸기 표준교재의 발간은 이러한 문제점들을 해소하고 숲가꾸기와 관련된 기술의 내용을 총망라하여 교재뱅크를 만들어서 클리어링하우스의 역할을 할 수 있도록 하는데 그 목적이 있습니다.

숲가꾸기 표준교재가 향후 산림교육과 훈련과정에서 유용하게 활용되기를 바라면서, 그동안 교재 작성과 편집에 수고해 주신 우리 과학원 가족 여러분에게 감사의 뜻을 전합니다.

2005. 12

국립산림과학원장 서승선

차 례

■ 임업기계화

1. 임업기계화	3
1.1. 총론	3
1.2. 의의와 목적	3
1.2.1. 의의	3
1.2.2. 목적	4
1.3. 임업기계의 종류	5
1.3.1. 산림관리 및 연락용	6
1.3.2. 양묘, 조림육림 및 보호용 기계	6
1.3.3. 벌목 및 집·운재용 기계	6
1.3.4. 임도 및 치산용 기계	7
1.4. 임업기계의 선택	7
1.4.1. 지형분류와 작업방식	9
1.4.2. 손익분기점에 의한 기계도입의 검토	10
1.4.3. 임업기계의 최적투자액	11
1.4.4. 기계경비와 인건비의 최적비율	12
1.5. 기계화작업의 관리	12
1.5.1. 임업기계의 상각	12
1.5.2. 작업경비	13
1.5.3. 작업비용에 미치는 영향인자	17
1.6. 임업기계화 작업	18
1.6.1. 양묘작업(묘포작업)	19
1.6.2. 조림작업	24
1.6.3. 육림작업	25
1.6.4. 방제작업	27
1.6.5. 임목수확작업	28
1.6.6. 산림토목작업	30
1.6.7. 운재 및 하역작업	31

1.7. 임업기계화의 전제조건	32
------------------------	----

■ 임업기계

2. 임업기계	37
2.1. 기계기초 지식	37
2.1.1. 기계재료 및 기계요소	37
2.1.2. 임업기계정비	46
2.1.3. 연료 및 윤활유	48
2.1.4. 기계량의 단위	52
2.2. 임업용 엔진	54
2.2.1. 종류	54
2.2.2. 내연기관	55
2.3. 산림작업도구	68
2.3.1. 작업도구일반	68
2.3.2. 임업용 소도구	69
2.4. 임업기계 각론	91
2.4.1. 양묘용 기계	91
2.4.2. 조림 및 육림용 기계	117
2.4.3. 벌목용 기계	137
2.4.4. 임목집재용 기계	148
2.4.5. 다공정 처리기계	207
2.4.6. 집적 및 상·하차기계	243
2.4.7. 산림토목용 기계	246
2.4.8. 칩퍼, 톱밥제조기계	258

■ 임목수확작업

3. 임목수확작업	263
3.1. 구성 및 작업계획 수립	264

3.1.1. 구성	264
3.1.2. 작업계획 수립	265
3.2. 임목수확작업에 미치는 환경인자	266
3.2.1. 기후적 요인	266
3.2.2. 지형적 요인	268
3.2.3. 토양 요인	272
3.2.4. 임분구조적 요인	273
3.3. 벌목조재작업	275
3.3.1. 체인톱의 취급	275
3.3.2. 벌목조재작업	283
3.4. 집재작업	294
3.4.1. 집재작업일반	294
3.4.2. 트랙터 집재	296
3.4.3. 가선집재	300
3.5. 임목수확 작업시스템	316
3.5.1. 우리나라의 임목수확 기계화 시스템	316
3.5.2. 다공정 처리기계를 이용한 작업시스템	324
3.6. 작업로	330
3.6.1. 작업로의 종류	330
3.6.2. 작업로망 배치	332
3.7. 운재 및 하역작업	332
3.7.1. 운재작업	332
3.7.2. 하역작업	334
3.7.3. 임지저목장(토장) 설치	336

■ 임업노동 및 작업관리

4. 임업노동 및 작업관리	341
4.1. 산림작업과 인간	341
4.1.1. 인간공학	341
4.1.2. 산림작업과 에너지대사	343

4.1.3. 작업조직 편성 및 효율	348
4.2. 작업안전	349
4.2.1. 작업안전 관리	349
4.2.2. 안전장비	353
4.2.3. 산림작업자 피로회복	356
4.2.4. 사고 및 재해의 예방	360
4.2.5. 응급조치	365
4.3. 작업공정	366
4.3.1. 시간연구	367
4.3.2. 동작연구	373
4.3.3. 공정(工程)연구	374
4.3.4. 작업공정과 생산성	375

표 차 례

<표 7-1-1> 임목수확장비 선택기준의 예 (大河原, 1991)	8
<표 7-1-2> 지형분류와 작업방식	10
<표 7-1-3> 감가상각 자산의 상각율표	13
<표 7-1-4> 자산의 내용년수	13
<표 7-1-5> 벌채 및 반출경비의 구분	14
<표 7-1-6> 기계운전 1시간당 전손료율	15
<표 7-1-7> 산림작업별 기계화 수준	20
<표 7-2-1> 탄소강의 성질	37
<표 7-2-2> 윤활유 첨가제의 용도	50
<표 7-2-3> 기본단위와 보조단위	52
<표 7-2-4> 일반적으로 통용되는 단위와 SI 단위와의 관계	53
<표 7-2-5> 디젤엔진과 가솔린엔진의 비교	61
<표 7-2-6> 4짜이클 기관과 2짜이클 기관의 특성비교	62
<표 7-2-7> 농용트랙터 급유개소	104
<표 7-2-8> 모우어의 종류별 특징	114
<표 7-2-9> 예불기의 분류	118
<표 7-2-10> 휴대용 식혈기의 제원	126
<표 7-2-11> 카테고리 분류	128
<표 7-2-12> 주요 소형 및 중형 체인톱 제원	145
<표 7-2-13> 체인톱의 점검 및 청소	148
<표 7-2-14> 직경별 무게 및 파괴강도	151
<표 7-2-15> 유선조종식 휴대용 소형원치의 몇 가지 제원	154
<표 7-2-16> 트랙터 주행장치별 장단점	162
<표 7-2-17> 차체굴절식 임업용 트랙터의 제원 비교	165
<표 7-2-18> 집재기의 분류	169
<표 7-2-19> 집재기 부속기구의 종류 및 사용방법	186
<표 7-2-20> 클립 개수와 크기	196
<표 7-2-21> 샷클의 사용하중	196
<표 7-2-22> 볼트 직경에 따른 강도	196
<표 7-2-23> 6×7 와이어로프의 절단하중	201
<표 7-2-24> 6×19 와이어로프의 절단하중	202

<표 7-2-25> 킹크에 의한 와이어로프 절단하중의 저하	204
<표 7-2-26> 와이어로프 마무리 가공 효율	205
<표 7-2-27> 와이어로프 손상원인	206
<표 7-2-28> 와이어로프 손상대책	206
<표 7-2-29> 와이어로프 교체 기준	207
<표 7-2-30> 하베스터의 제원	214
<표 7-2-31> 몇 가지 외국산 포워더의 제원	231
<표 7-2-32> 그래플형 프로세서 헤드의 제원	240
<표 7-2-33> 2그립형 프로세서	241
<표 7-2-34> 딜리머 프로세서 제원	242
<표 7-2-35> 그래플 헤드의 제원 개요	243
<표 7-2-36> 트랙터쇼벨의 분류	250
<표 7-2-37> 웨도형과 차륜형 쇼벨의 비교	253
<표 7-2-38> 블레이드 길이에 의한 분류와 주요 제원	253
<표 7-2-39> 디스크형 칠파의 주요 제원	259
<표 7-3-1> 여름·겨울수확작업의 장점	268
<표 7-3-2> 경사도에 따른 지형구분	270
<표 7-3-3> 여러 가지 토양에서의 점착계수와 내부마찰각	272
<표 7-3-4> 체인톱의 결함과 원인	282
<표 7-3-5> 주행장치와 도로의 주행상태에 따른 점착계수	298
<표 7-3-6> 트랙터집재 및 가선집재의 특징	301
<표 7-3-7> 가선집재용어	304
<표 7-3-8> 수확작업 기종별 전·겸업형 구분	319
<표 7-3-9> 가선 장비별 작업 공정	323
<표 7-3-10> 기종별 적용 작업조건과 소요작업원	323
<표 7-3-11> 대규모 전업형의 목표	327
<표 7-3-12> 소규모 겸업형의 목표	327
<표 7-3-13> 국내 도입유망 집재장비 목록	329
<표 7-4-1> 양분별 발생에너지 및 호흡계수	344
<표 7-4-2> 노동강도의 구분	345
<표 7-4-3> 몇 가지 산림작업의 에너지 소비량의 예	346
<표 7-4-4> 노르웨이 산림노동자의 최대 산소 섭취량	347
<표 7-4-5> 피로 측정방법	358
<표 7-4-6> 피로도 측정방법	359

<표 7-4-7> 작업방법별 조건조사항목	371
<표 7-4-8> 벌출공정의 구분과 그 내용	374
<표 7-4-9> 표준공정표 작성방법	376
<표 7-4-10> 요소작업의 분류	377
<표 7-4-11> 표준공정표 작성순서	377

그림 차례

<그림 7-1-1> 3종류 작업시스템에서 임목의 크기와 생산성의 관계	9
<그림 7-1-2> 기계도입의 경제성 검토	10
<그림 7-1-3> 임업기계 최적투자액 곡선	11
<그림 7-1-4> 수확량 및 비용곡선	12
<그림 7-1-5> 자주식 묘목이식기	22
<그림 7-1-6> 소형굴삭기 부착형 및 트랙터 부착형 플레일모우어	26
<그림 7-1-7> 동력식 체인 지타톱	27
<그림 7-1-8> 자동지타기	27
<그림 7-1-9> 굴삭기 부착 하베스터	29
<그림 7-1-10> 경사지 작업용 펠러번처	29
<그림 7-1-11> 다목적집재차(국산)	30
<그림 7-1-12> 북부집재기(국산)	30
<그림 7-1-13> 로그그래플(국산)	30
<그림 7-1-14> 소형임내차(국산)	30
<그림 7-2-1> 키 및 축의 종류	39
<그림 7-2-2> 축이음(커플링)의 종류	40
<그림 7-2-3> 기어의 종류	42
<그림 7-2-4> 유압실린더, 모터, 유체클러치, 유체토오크 컨버터	44
<그림 7-2-5> 베어링의 분해결합 방법	47
<그림 7-2-6> 볼트 조임방법	48
<그림 7-2-7> 왕복피스톤기관의 기본구조	58
<그림 7-2-8> 4사이클 기관의 작동순서	59
<그림 7-2-9> 2행정 전기점화기관의 작동원리	61
<그림 7-2-10> 실린더블록 단면	63
<그림 7-2-11> 실린더와 실린더라이너	63
<그림 7-2-12> 피스톤의 구조	64
<그림 7-2-13> 커넥팅로드의 구조	64
<그림 7-2-14> 4실린더기관의 크랭크축 구조	65
<그림 7-2-15> 두상밸브식 기구	66
<그림 7-2-16> 측밸브식 구조	66
<그림 7-2-17> 이식판	70

<그림 7-2-18> 이식승	70
<그림 7-2-19> 묘목운반상자	70
<그림 7-2-20> 식혈봉, 종자과중기	71
<그림 7-2-21> 재래식 삽	71
<그림 7-2-22> 재래식 팽이	71
<그림 7-2-23> 타원형 양날팽이	72
<그림 7-2-24> 네모형 양날팽이	72
<그림 7-2-25> 사식재 팽이	72
<그림 7-2-26> 아이디얼 식혈삽	72
<그림 7-2-27> 묘목운반용 비닐주머니	73
<그림 7-2-28> 재래식 낫	73
<그림 7-2-29> 스위스 보육낫	73
<그림 7-2-30> 소형 전정가위	74
<그림 7-2-31> 무육용 이리톱	74
<그림 7-2-32> 소형 손톱	74
<그림 7-2-33> 고지절단용 가지치기톱	75
<그림 7-2-34> 재래식 톱	75
<그림 7-2-35> 벌목용 도끼	76
<그림 7-2-36> 가지치기용 도끼	76
<그림 7-2-37> 각목다듬기용 도끼	76
<그림 7-2-38> 장작패기용 도끼	77
<그림 7-2-39> 손도끼	77
<그림 7-2-40> 여러 가지 형태의 썰기	78
<그림 7-2-42> 원목 방향전환 기구	79
<그림 7-2-42> 방향갈고리의 종류	79
<그림 7-2-43> 운반갈고리와 집게	80
<그림 7-2-44> 여러 가지 형태의 박피용 도구	80
<그림 7-2-45> 재래식 박피삽	81
<그림 7-2-46> 외국형 박피삽	81
<그림 7-2-47> 축척	82
<그림 7-2-48> 사피작업	82
<그림 7-2-49> 한국형 사피	82
<그림 7-2-50> 외국형 사피	82
<그림 7-2-51> 도끼 고정시키는 법	83

<그림 7-2-52> 도끼날의 갈기	83
<그림 7-2-53> 도끼날의 형태	83
<그림 7-2-54> 손톱의 명칭	84
<그림 7-2-55> 톱니의 형태	85
<그림 7-2-56> 톱 고정대	86
<그림 7-2-57> 높이 조정	86
<그림 7-2-58> 톱니 갈기	86
<그림 7-2-59> 톱니 젖히기	86
<그림 7-2-60> 톱니 젖힘 크기측정	87
<그림 7-2-61> 이리톱니 각도	87
<그림 7-2-62> 톱니꼭지선 맞추기	88
<그림 7-2-63> 톱니등날 갈기	88
<그림 7-2-64> 가슴각 갈기	88
<그림 7-2-65> 톱니 젖히기	88
<그림 7-2-66> 톱니 마무리	89
<그림 7-2-67> 자루 제작 도구	89
<그림 7-2-68> 도끼자루 길이	90
<그림 7-2-69> 자루 제작 순서	90
<그림 7-2-70> 견인구동 겸용형 경운기	92
<그림 7-2-71> 궤도식 경운기	92
<그림 7-2-72> 경운기의 구조	92
<그림 7-2-73> 동력전달 체계도	92
<그림 7-2-74> 쌍용 2단쟁기 각부 명칭	94
<그림 7-2-75> 2단쟁기 경운상태	94
<그림 7-2-76> 로터리식 경운 칼날 종류	95
<그림 7-2-77> 경운용 칼날 부착방법	95
<그림 7-2-78> 크랭크식 경운형식	96
<그림 7-2-79> 스크류식 경운형식	96
<그림 7-2-80> 스크류식 경운날	96
<그림 7-2-81> 바구니형 로터 및 레이크부착 경운기	97
<그림 7-2-82> 크러셔	97
<그림 7-2-83> 컬티베이터 장착 경운기	98
<그림 7-2-84> 컬티베이터의 구조	98
<그림 7-2-85> 단근굴취기 구조	99

<그림 7-2-86> 상체묘 굴취기 구조	100
<그림 7-2-87> 후륜구동 트랙터	101
<그림 7-2-88> 차륜직경이 다른 4륜구동 트랙터	101
<그림 7-2-89> 주행장치에 따른 농용트랙터의 분류	102
<그림 7-2-90> 묘포관리용 트랙터의 분류	102
<그림 7-2-91> 동력전달 체계도	103
<그림 7-2-92> PTO축의 규격	106
<그림 7-2-93> 타이어 및 휠	106
<그림 7-2-94> 양묘작업 체계도	107
<그림 7-2-95> 정지작업광경	108
<그림 7-2-96> 로터리 구조도	108
<그림 7-2-97> 퇴비산포기의 구조도	109
<그림 7-2-98> 트랙터 조상작업	110
<그림 7-2-99> 조상기 구조도	110
<그림 7-2-100> 진압롤러 및 균평롤러	110
<그림 7-2-101> 단근날의 종류	111
<그림 7-2-102> 작업광경	112
<그림 7-2-103> 측근절단기	112
<그림 7-2-104> 프론트 로우더(싱글)	113
<그림 7-2-105> 프론트 로우더(더블)	113
<그림 7-2-107> 자주식 상체기(6조)	114
<그림 7-2-106> 자주식 상체기(4조)	114
<그림 7-2-108> 이식기(NT 403) 식재광경	115
<그림 7-2-109> 상체기의 플랜팅 유니트	115
<그림 7-2-110> 보행형 녹화수 이식기	117
<그림 7-2-111> 예불기의 분류	118
<그림 7-2-112> 예불기 종류	119
<그림 7-2-113> 예불기 날의 종류에 따른 분류	120
<그림 7-2-114> 예불기의 구조	121
<그림 7-2-115> 예불기 머리부분 구조	123
<그림 7-2-116> 휴대용 식혈기 구조	125
<그림 7-2-117> 식혈날의 종류	126
<그림 7-2-118> 3점지지 장치	127
<그림 7-2-119> 3점지지 장치 주요 제원	127

<그림 7-2-120> 로터리커터 구조 및 명칭	130
<그림 7-2-121> 트랙터 프레일모우어 커터 날의 배열	131
<그림 7-2-122> 어스오거(기계구동식)	131
<그림 7-2-123> 어스오거(유압구동식)	131
<그림 7-2-124> 포트묘 자동식재기	132
<그림 7-2-125> 자동지타기(KN-439)	133
<그림 7-2-126> 자동지타기(AB-230)	133
<그림 7-2-127> 유압식 가지치기 체인톱의 구조	135
<그림 7-2-128> 섹터 체인톱	138
<그림 7-2-129> 체인톱 C11, 12	139
<그림 7-2-130> 체인톱 CL 11	139
<그림 7-2-131> 단일 실린더 체인톱	140
<그림 7-2-132> 복합 실린더 체인톱	140
<그림 7-2-133> 로터리 체인톱	140
<그림 7-2-134> 전동 체인톱	140
<그림 7-2-135> 유압 체인톱	141
<그림 7-2-136> 체인톱의 구조와 각 부분의 명칭	141
<그림 7-2-137> 쏘체인트의 구성 및 명칭	143
<그림 7-2-138> 체인톱의 킥백현상과 체인브레이크의 작동원리	144
<그림 7-2-139> 톱니의 종류와 연마각도	147
<그림 7-2-140> 플라스틱수라의 설치모식도	150
<그림 7-2-141> 아크야 소형윈치	151
<그림 7-2-142> Multi-KBF소형윈치	151
<그림 7-2-143> 소형집재용 차량의 종류	153
<그림 7-2-144> 유선 리모콘 소형윈치	155
<그림 7-2-145> 리모콘 윈치 동력전달계통	156
<그림 7-2-146> 난권방지 방법	157
<그림 7-2-147> 트랙터의 주행장치 구조에 따른 분류	159
<그림 7-2-148> 다목적 트랙터	160
<그림 7-2-149> 임업에 사용되는 트랙터의 종류	161
<그림 7-2-150> 차체 굴절식 임업용 트랙터와 그레플장치	165
<그림 7-2-151> 다양한 트랙터 윈치	166
<그림 7-2-152> 스위스 Wyssen 야더집재기 W-60 및 Wyssen 계류형 반송기	168
<그림 7-2-153> 이와후지사의 Y252E 3드럼 야더집재기	168

<그림 7-2-154> 드럼의 종류	169
<그림 7-2-155> 위센식 집재기 구동 개념도	170
<그림 7-2-156> 1D+1E형 구동 개념도	170
<그림 7-2-157> 2D+1E형 집재기 구동 개념도	171
<그림 7-2-158> 3D형 집재기 구동 개념도	172
<그림 7-2-159> 3D+1E형 집재기 구동 개념도	172
<그림 7-2-160> 프레임의 예	173
<그림 7-2-161> 여러 가지 이동식 타워야더	176
<그림 7-2-162> 스너빙식 및 슬랙폴링방식용 반송기	180
<그림 7-2-163> 슬립핑 클러치 방식	182
<그림 7-2-164> 유성기어 방식	182
<그림 7-2-165> 벨트변속기 방식	183
<그림 7-2-166> 트랙션 원치 방식	183
<그림 7-2-167> 스텝퍼 자동 반송기	187
<그림 7-2-168> 스텝퍼 반송기의 계류장치 및 슬랙폴링 장치	188
<그림 7-2-169> 국산 계류형 반송기	189
<그림 7-2-170> 자주식 반송기	190
<그림 7-2-171> 자주식 반송기(Iwafuji 라디캐리)	190
<그림 7-2-172> 로딩블록	191
<그림 7-2-173> 새들블록	191
<그림 7-2-174> 힐블록	191
<그림 7-2-175> 힐블록 설치 광경	192
<그림 7-2-176> 가이드블록	192
<그림 7-2-177> 콘트롤블록	192
<그림 7-2-178> 자동스내치블록	193
<그림 7-2-179> 중간지지장치 구조도	193
<그림 7-2-180> 중간지지대	194
<그림 7-2-181> 중간지지대 설치 광경	194
<그림 7-2-182> 중간지지대(사잇기둥)의 몇 가지 형태	194
<그림 7-2-183> 콜러 타워야더 집재기의 중간지지대	194
<그림 7-2-184> 스카이라인 클램프	195
<그림 7-2-185> 사용방법	195
<그림 7-2-186> 두줄 겹치기 매듭	195
<그림 7-2-187> 와이어로프의 구성	197

<그림 7-2-188> 와이어로프의 꼬임	197
<그림 7-2-189> 교차 및 평행꼬임 방법	198
<그림 7-2-190> 와이어로프의 종류	200
<그림 7-2-191> 와이어로프 푸는 방법	204
<그림 7-2-192> 킹크 상태	204
<그림 7-2-193> 드럼에 와이어로프 감는 방법 및 플리트 앵글	205
<그림 7-2-194> 마무리 방법	205
<그림 7-2-195> 다공정 처리기계의 분류	209
<그림 7-2-196> 하베스터	210
<그림 7-2-197> 무게중심 이동형 베이스머신	210
<그림 7-2-198> 투그립 하베스터	211
<그림 7-2-199> 원그립 하베스터	211
<그림 7-2-200> 프론트암 장착 펠러번처	216
<그림 7-2-201> 너클붐 장착 펠러번처	216
<그림 7-2-202> 사이드 킬팅장치	217
<그림 7-2-203> 차체수평형 펠러번처	218
<그림 7-2-204> 굴삭기 부착 펠러번처	218
<그림 7-2-205> 가위식 펠링헤드	219
<그림 7-2-206> 체인톱식 펠러번처 헤드	220
<그림 7-2-207> 디스크쏘우식 펠러번처	220
<그림 7-2-208> 콘쏘우	221
<그림 7-2-209> 디스크쏘우	221
<그림 7-2-210> 궤도형 소형임내차	222
<그림 7-2-211> 벨트텐션 클러치	223
<그림 7-2-212> 고무 및 철제궤도	223
<그림 7-2-213> 4륜 소형 운반차	224
<그림 7-2-214> 요동현가 작동도	226
<그림 7-2-215> 타이어 바퀴식 포워더와 크롤러 바퀴식포워더	226
<그림 7-2-216> 차체굴절식 궤도형 포워더	227
<그림 7-2-217> 소형집재차 윈치	229
<그림 7-2-218> 윈치를 이용한 가선집재(런닝스카이라인 식)	229
<그림 7-2-219> 윈치부착 크레인	230
<그림 7-2-220> 그레플 크레인	230
<그림 7-2-221> 궤도형 스키더 집재작업	233

<그림 7-2-222> 차륜형스키더 집재작업	233
<그림 7-2-223> 궤도형 스키더	234
<그림 7-2-224> 차륜형 스키더	234
<그림 7-2-225> 스키더의 동력전달계통	236
<그림 7-2-226> 그레플의 구조(봄)	238
<그림 7-2-227> 그레플의 구조(헤드)	238
<그림 7-2-228> 스트레이트봄식 프로세서	239
<그림 7-2-229> 너클봄식 프로세서	239
<그림 7-2-230> 그레플형 프로세서 헤드	241
<그림 7-2-231> 2그립형 프로세서	241
<그림 7-2-232> 딜리머 프로세서 봄	242
<그림 7-2-233> 딜리머 프로세서	242
<그림 7-2-234> 그레플 쏘우 구조도	242
<그림 7-2-235> 그레플 쏘우 헤드	243
<그림 7-2-236> 원목집게(우드그랩)	244
<그림 7-2-237> 크레인 트럭의 구조	245
<그림 7-2-238> 크레인 트럭	245
<그림 7-2-239> 불도저 전경	246
<그림 7-2-230> 백호우의 구조도	250
<그림 7-2-241> 피견인식 스크래퍼 작업	255
<그림 7-2-242> 로드롤러	255
<그림 7-2-243> 탬핑롤러	255
<그림 7-2-244> 타이어롤러	257
<그림 7-2-245> 진동롤러	257
<그림 7-2-246> 진동콤팩터	258
<그림 7-2-247> 디스크췘퍼와 드럼췘퍼	259
<그림 7-2-248> 대형 이동식 췘퍼에 의한 전목 췘생산	260
<그림 7-3-1> 임목수확작업의 단계	265
<그림 7-3-2> 경사도의 분포에 따른 지형의 난이도 구분	269
<그림 7-3-3> 경사형의 구분	271
<그림 7-3-4> 토양 전단강도의 구성	272
<그림 7-3-5> 기본적 휴대방법	275
<그림 7-3-6> 공기걸름막 세척	276
<그림 7-3-7> 안내판 롤러에 구리스 주입	276

<그림 7-3-8> 안내판 손질	277
<그림 7-3-9> 안내판 흙 청소	277
<그림 7-3-10> 양극의 간격	277
<그림 7-3-11> 분해순서	279
<그림 7-3-12> 장력조정나사의 조정	279
<그림 7-3-13> 안내판 끼우기	279
<그림 7-3-14> 안내판과 체인조립	279
<그림 7-3-15> 장력의 점검	280
<그림 7-3-16> 장력조정	280
<그림 7-3-17> 분해순서(1)	280
<그림 7-3-18> 분해순서(2)	280
<그림 7-3-19> 시동부 분해	281
<그림 7-3-20> 시동부 구조	281
<그림 7-3-21> 시동줄 감기	281
<그림 7-3-22> 집재방법에 따른 별도방향	284
<그림 7-3-23> 별목시 수구 및 추구자르기	286
<그림 7-3-24> 중대경목의 별도방법	287
<그림 7-3-25> 가지구성에 따른 가지제거 방법	289
<그림 7-3-26> 기본적인 가지제거 작업	290
<그림 7-3-27> 가지제거작업 주의점	290
<그림 7-3-28> 별도목의 인장력 및 가압력에 따른 절단방법	291
<그림 7-3-29> 작업원 편성과 별목조제작업시간	293
<그림 7-3-30> 트랙터 집재작업과 가선집재작업 지형의 구분	300
<그림 7-3-31> 야더집재기와 가선집재 시스템 명칭	305
<그림 7-3-32> 가선집재작업 싸이클	307
<그림 7-3-33> 가선 집재 시스템의 분류	308
<그림 7-3-34> 집재 가선설치 시스템의 모식도	310
<그림 7-3-35> 가공본줄의 처짐량	314
<그림 7-3-36> 가공본선의 중앙처짐량에 의한 궤적곡선 그리기	314
<그림 7-3-37> 인력집재 작업체계	320
<그림 7-3-38> 플라스틱 수라 (미끄럼틀) 집재작업 체계	321
<그림 7-3-39> 트랙터 윈치 집재작업 체계	321
<그림 7-3-40> 가선집재작업	322
<그림 7-3-41> 임내차 집재작업 체계	324

<그림 7-3-42> 벌출공정 계열	325
<그림 7-3-43> 스웨덴의 기계개발과 노동생산성	325
<그림 7-3-44> 원목생산의 새로운 작업 시스템	328
<그림 7-3-45> 산악지형에서의 기계로배치	330
<그림 7-3-46> 작업로 배치형태	332
<그림 7-3-47> 임지 하역작업의 공정계열	334
<그림 7-3-48> 충분한 면적을 가진 트랙터 토장의 전형적인 배치	337
<그림 7-4-1> 편성효율	349
<그림 7-4-2> 안전관리	351
<그림 7-4-3> 안전복 상의	355
<그림 7-4-4> 안전복 하의	355
<그림 7-4-5> 안전장갑	355
<그림 7-4-6> 안전화	355
<그림 7-4-7> 하인리히의 재해구성비율	360
<그림 7-4-8> 작업연구기법의 종류	370

1. 임업기계화

1. 임업기계화

1.1. 총 론

산림은 우리 인간에게 산업용 원자재나, 생활자재로서의 목재와 기타 부산물 등의 생산은 물론 수원함양, 토사유출방지, 대기오염방지, 자연경관유지, 레크리에이션 장소 제공 등의 국토보전기능을 가지고 있다.

산림 형태는 국가나 지역에 따라 기후, 지형, 지질, 토양 등의 물리적 자연조건과 식생, 구성수종 등의 생물적인 조건, 그리고 관리 및 경영방법, 목표 등의 인위적인 조건에 따라 달라지며 우리나라 국토의 67 %를 점유하는 산림은 대부분 산악지에 분포하므로 평지림이 많은 유럽 등의 나라와는 다른 양상을 나타낸다.

광의의 임업기계는 이러한 산림의 조성, 관리 및 생산물의 수확 등 임업활동에 활용되는 모든 장비를 통칭하며, 좁은 의미로는 임업용으로 활용하기 위하여 제작된 체인톱, 집재기, 임업용 트랙터 등을 임업기계라고 할 수 있다. 최근에는 일반 토목 장비 및 농업장비가 임업에서도 많이 활용되므로 이러한 장비들도 임업기계에 포함시킬 수 있다.

1.2. 의의와 목적

1.2.1. 의 의

인력은 축력과 마찬가지로 생물적인 물질대사 작용으로부터 에너지를 얻기 때문에 지속적인 작업 시 체중 75kg당 약 0.1마력의 동력을 발생하므로 현재 사용하고 있는 내연기관에 비하면 그 효율이 매우 낮다.

따라서 기계적인 단순노동은 약간의 유지비와 연료비만으로도 운용되는 기계를 이용하는 것이 경제적이고, 현재 쓰이는 일부 자동화 장비는 사람이 작업할 때 이루어지는 판단작업까지도 각종 센서와 마이크로프로세서를 이용하여 정확히 실행함으로써

써 인간은 힘든 육체노동으로부터 해방되어 이러한 장비를 총괄 조작하는 역할만 하게 되므로 이러한 장비의 운전자는 지적인 기능만 전담함으로써 인력작업에 비해 작업효율을 비약적으로 높일 수 있다.

현재 사용되는 임업장비 중에서 하베스터, 프로세서 등의 임목수확 장비들이 임업 선진국에서 사용되고 있는 대표적인 첨단장비들로서 우리나라에는 아직 보편화되어 있지 않지만 최근 연구 및 교육기관에 일부 도입되어 사용되고 있으며, 이러한 고성능 장비들은 메카트로닉스(mechatronics)를 응용한 대표적인 기종들이다.

이러한 기계화작업으로 얻어지는 효과는 소요 인력과 작업시간의 절감으로 인한 전체적인 산림작업에 소요되는 노동력의 절감과 인력작업 보다 적은 숙련된 작업원 만으로도 동일한 작업량을 수행할 수 있고 시간적으로 제약을 받는 작업을 단기간에 수행 할 수 있는 장점이 있다.

1.2.2. 목 적

이러한 산림작업의 기계화가 갖는 목적은 다음과 같은 것들이 있으며 이중에서도 노동생산성의 향상, 생산비용의 절감, 중노동으로부터 해방 등을 임업기계화의 3대 목적이라 한다.

- 노동생산성의 향상 : 일반적으로 노동생산성이란 생산량과 투입노동량의 비율로 정의될 수 있는데 그 단위로서는 벌채작업에 있어서는 원목생산량당 투입되는 작업인력인 $m^3/인 \cdot 일$, 조림 및 육림작업 등 작업량을 면적 또는 본수로 표시하는 $ha/인 \cdot 일$ 또는 $본/인 \cdot 일$ 등으로 표시한다.

노동생산성의 향상은 농촌노동력의 감소와 노령화, 부녀화 현상 등으로 인해 산림작업 가용인력 확보가 어려워지고 인건비 상승으로 인한 생산비가 급등하는 현재 우리나라와 같은 실정에서는 산림경영을 원활히 수행하기 위한 유일한 대처방안이라고 할 수 있겠다.

- 생산비용의 절감 : 생산비절감은 임업의 경영수익성을 확보하기 위해서 최소의 비용으로 최대의 수익을 얻기 위한 경영원칙에 따라 생산비를 최소화하기 위하여 현재 산림 경영비에서 가장 큰 비율을 차지하는 인건비를 최소화함으로써 이러한 수익성을 극대화 하거나 손실을 최소화할 수 있다.

그러나 반드시 생산성이 높은 고가의 임업장비를 투입한다고 생산비가 절감되는 것은 아니며 사업량(경영규모)에 따라 적합한 기계를 효율적으로 활용함으로써 수리

유지비의 절감과 인력활용을 극대화할 수 있으므로 우리나라의 임업경영 현실과 기술 수준에 적합한 장비를 투입함으로써 생산비용을 절감할 수 있다.

- 중노동으로부터의 해방 : 산림작업은 과거부터 육체적으로 힘든 중노동에 해당하는 작업이 많고 다른 산업분야와 달리 산림이라는 자연 내에서 이루어지는 작업이 거의 대부분으로 이러한 육체노동을 감소시켜 노동조건을 질적으로 개선함으로써 산림작업에 종사하는 작업원의 복지향상을 도모할 수 있다.

이러한 문제는 현재 어렵고 힘든 노동을 기피하는 우리의 현실에서 젊은 산림작업원을 확보할 수 있는 한 가지 방안이 되므로 노동조건 개선 측면에서도 기계화 작업은 필수적이라 하겠다.

- 계획생산의 실시 : 기계화를 실시할 경우 기후조건, 계절의 영향을 어느 정도 극복가능하며 목재시장 상황에 맞는 탄력적인 공급이 가능하며 인력에 비해 좀더 안정적으로 작업을 수행 할 수 있다.
- 지형조건 극복 : 기계에너지를 이용하여 인력으로 실시할 수 없는 지형조건에서도 작업수행이 가능하며 적절한 도로망과 장비의 조합으로 어느 정도까지는 임목생산 작업이 가능하다.
- 생산속도의 증가와 상품가치의 향상 : 기계에 의해 작업속도를 높이고 생산기간을 단축할 수 있어 자금의 회전을 빠르게 하고 제품의 품질저하를 막을 수 있으며 인력작업이 곤란하거나 경비가 많이 소요되는 전간재(全幹材)를 생산하여 제품의 품질을 향상시켜 수율을 높일 수 있는 장점이 있다.

1.3. 임업기계의 종류

임업은 농업과 같이 식물을 대상으로 심고, 가꾸고, 수확하는 산업이지만 묘포장에서 어린 묘목을 키우는 양묘작업을 제외하고는 그 작업 대상물의 크기와 중량, 생산물의 내용에 있어서도 큰 차이가 있다. 또한 임업을 크게 임목을 키우는 단계인 1차 생산단계, 임목을 수확하여 원목을 생산하는 2차 생산단계, 원목을 가공하는 3차 생산단계로 구분하기도 한다(Sundberg & Silversides, 1988).

이러한 작업단계 중 1, 2차 생산단계와 3차 생산단계 중에서 산림 내에서 이루어지는 작업과정에 사용되는 장비를 임업기계라고 할 수 있으며, 이를 다시 산림경영상의 구분방법에 따라 다음과 같이 분류한다(山脇 등, 1980). 경우에 따라서는 임업기계를 기능과 형태에 따라 크게 휴대용 기계, 차량형 기계, 가선형 기계 등으로 기

능과 작업방법에 따라 구별하기도 한다.

1.3.1. 산림관리 및 연락용

일반적으로 다른 산업분야에서도 활용되는 범용(凡用)형 장비로서 이륜차, 차량, 헬리콥터, 항공기, 유선 및 무선 전화시설, 산림용 측량기기, 장비수리용 기계, 발전장비(發電裝備), 선박(船舶) 등이 있다.

1.3.2. 양묘, 조림육림 및 보호용 기계

양묘 및 조림육림용 장비는 대부분 일반 농업기계를 그대로 활용할 수 있으며 경우에 따라서는 임업전용 장비를 개발하여 활용하기도 하지만 기능 및 작동방식은 농업용 장비와 유사한 것이 많으며 각 작업단계에 사용되는 장비를 열거하면 다음과 같다.

- 양묘용 장비 : 트랙터, 경운작업기(plow), 정지작업기(harrow), 퇴비살포기(堆肥撒布機, manure spreader), 중경제초기(中耕除草機, cultivator), 파종기(播種機, seed sower), 약제살포기(sprayer), 묘목이식기(床替機, transplanter), 운반용 트레일러, 관수장치, 단근굴취기(斷根掘取機, root pruner and digger), 콘베이어 시설, 묘목 수확기(seedling harvester), 콘테이너 양묘시설 등
- 조림 및 육림용 장비 : 풀깎기 기계(刈拂機, brush cutter), 식혈기(植穴機, planting auger), 가지치기 기계(枝打機, power pruner), 묘목식재기(seedling planter) 등
- 산림보호용 장비 : 각종 약제 분무기, 연무기, 동력 천공기(穿孔機) 등

1.3.3. 벌목 및 집·운재용 기계

임목을 벌목하여 가지를 치고 토막을 내는 기계가 벌목조재용 기계이고 원목 또는 벌목된 임목을 작업로 또는 임도까지 운반하는 장비를 집재용 기계, 임도나 도로를 주행하며 운반하는 기계를 집운재 기계라 한다. 이외에도 저목장까지 운반된 원목을 차량에 싣고 내리는 장비와 임내에서 간단한 1차 가공을 할 수 있는 임내가공용 장비 등이 있다.

- 벌목조재 기계 : 체인톱(chain saw), 임목 벌채용 펠러(feller) 및 펠러번처(feller

- buncher), 임목 벌채수확용 하베스터(harvester), 벌채목 가지자르기용 프로세서(processor), 원목 토막내기용 그래플 톱(grapple saw) 등
- 집·운재용기계 : 레도형 및 차륜형 트랙터, 자주식 반송집재기(自走式 搬送集材機), 야더집재기, 소형윈치, 소형 타이어 바퀴 및 크롤러식 집재용 차량(小型運材車, 小型林內車, mini forwarder, mini skidder), 모노레일(mono rail), 모노케이블 장비, 포워더(forwarder), 원목집게 (log grapple), 원목운반트럭, 크레인 트럭, 집·운재용 헬리콥터, 산림철도 등
 - 저목장 및 임내 가공용 기계 : 크레인, 포크리프트(fork lift), 박피기(debarker), 칩퍼기(chipper), 이동식 제재기(portable sawmill) 등

1.3.4. 임도 및 치산용 기계

일반 토목분야에서 토공작업이나 운반작업 등에 활용되는 장비들이 그대로 활용될 수 있다. 예를 들면 착암기(rock drill), 불도저, 콘크리트 믹서, 굴착기(excavator), 모터 그레이더(motor grader), 도로용 롤러(road roller), 공기압축기(air compressor), 덤프트럭, 제설장비 등이 있다.

1.4. 임업기계의 선택

산림작업 계획시 작업에 영향을 미치는 모든 요소인 사업주체, 지형, 수종, 크기, 생산물의 질, 생산원목의 시장가, 가용인력상황, 가용장비의 운용비용, 기후, 기타 작업조건 등을 고려하여 작업을 계획하여야 한다. 이러한 여러 가지 영향인자 들은 모두 상호간에 밀접하게 작용하여 작업결과로서 작업시스템의 생산성과 경제성 등을 결정짓게 된다. 이러한 영향인자를 충분히 검토하여 여러 가지 작업시스템 중에서 최종적으로 가장 경제성이 높은 투입장비와 작업방법이 확정되는 것이다.

임목수확장비는 특히 지형, 임도노망시설 현황, 벌채종류, 경영규모 등에 따라 선택해야 하는데 이러한 조건에 따라 현재 일본에서 사용가능한 몇 가지 임목수확장비의 예를 들면 아래의 표 7-1-1과 같다.

<표 7-1-1> 임목수확장비 선택기준의 예 (大河原, 1991)

임목수확장비	지형	임도노망의 유무	벌채종류	경영규모
체인톱	완-급	불필요	간벌, 개별	소
트리펠러	완	불필요	간벌, 개별	대
프로세서	완-급	(필요)	간벌, 개별	대
하베스터	완	불필요	간벌, 개별	대
야더집재기	급	(필요)	간벌, 개별	소-대
타워야더집재기	급	필요	간벌, 개별	소-대
소형집재용차량	완-급	필요	간벌, 택벌	소
포워드	완	(필요)	간벌, 택벌	소-대
헬리콥터	급	필요	간벌, 택벌	대

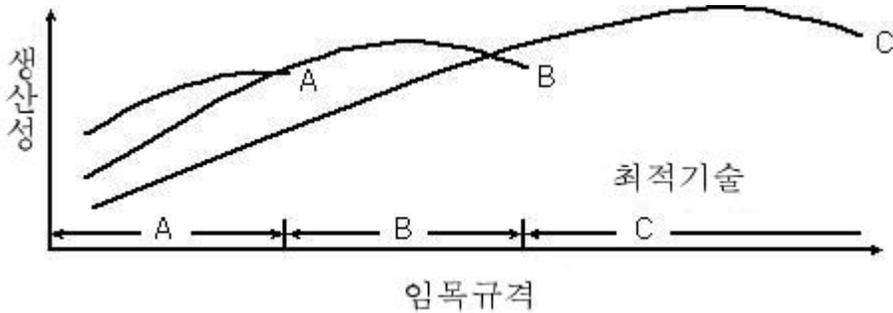
지형은 산림작업에 있어서 기본적인 제약인자로 작용하는데 일반적으로 경사도 50%를 기준하여 트랙터 지형과 가선지형으로 구분하며 이러한 지형조건에 의하여 투입가능한 장비가 결정된다.

여기에서, 임목이 서 있는 임지 내로 진입하여 작업하여야 하는 장비인 하베스터 등은 그다지 임도를 필요로 하지 않지만, 집재장비는 대부분 어느 정도의 임도노망이 갖추어져 있어야 한다. 이때의 적정 또는 최소임도밀도는 지형 및 장비의 작업방법 및 작업성능에 따라 달라질 수 있다. 여기서 작업능률이 높은 고성능 장비일수록 작업물량이 많은 대규모 경영규모를 요한다는 것을 알 수 있다.

모든 임업기계는 개발 및 설계단계에서 작업 가능범위와 장비운용 기술수준이 이미 결정되므로, 이러한 작업 가능한 조건이 갖추어진 상황에 투입이 되어야만 최적의 효율을 올릴 수 있다. 임목수확작업에 있어서 생산성에 가장 크게 영향을 미치는 인자는 임목의 단재적으로서 기계가 지닌 적정 작업범위를 벗어나면 생산성이 감소하는데 이를 그림으로 나타내면 그림 7-1-1과 같다. 그림에서 볼 수 있는 세 개의 곡선은 3 종류의 각기 다른 작업능력을 갖는 작업시스템 중 최적의 시스템을 선정하는데 기준이 되는 임목 단재적별 작업능력곡선으로서 벌목 및 집재장비들이 소경목 작업용의 소형장비와 대경목을 대상으로 하는 대형장비가 투입될 수 있는 경제성이 있는 범위가 각각 다르다는 것을 알 수 있다.

또한, 임목직경이 불균일한 작업지에서는 작업기종을 선택하기가 어렵고 작업능률

도 낮으며, 간벌 소경목의 경우에도 생산성이 낮기 때문에 경제성이 없다는 것을 알 수 있다.



<그림 7-1-1> 3종류 작업시스템에서 임목의 크기와 생산성의 관계

1.4.1. 지형분류와 작업방식

임업기계에 의한 작업을 실시할 경우 완·중·급경사 등 지형조건의 차이에 따른 사용기계의 선택이 필요하다. 산림의 지형조건을 개괄적으로 나타내는 것으로서 임지경사, 기복량, 곡밀도의 3가지 지형요소로부터 지형지수를 알 수 있다. 지형지수는 면적 500~1,000ha의 삼림지역을 대상으로 한 것이지만, 이 지수에 의해 지형분류를 실시하고 그 값에 따라 산림작업 방법을 선택하는 것이 실용적으로 가능하다.

경사 I_i (%)는 반경 500m 및 250m의 동심원이 등고선과 교차하는 점의 수(N_1 , N_2)를 세어 다음 식과 같이 구한다.

$$I_i = 2/3 \times (N_1 + N_2) (\%)$$

기복량 $R(m)$ 은 각 측점에 있어서 이것을 중심으로 하는 반경 500m 원내의 최고점과 최저점을 나타내고, 각 측점의 기복량 전체 평균을 가지고 대상지역의 기복량으로 한다.

곡밀도 $V(\text{본}/\text{km}^2)$ 는 대상지역내의 전체 계곡수 n 을 세어, 이것을 대상 총면적 A 로 나눈다. ($V = n/A$ (본/ km^2))

이상의 계측에 의해 지형지수는 다음의 식으로부터 구할 수 있다.

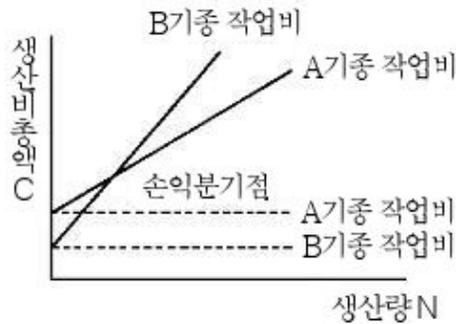
$$I = \frac{(3I_i + I_r)}{4} (\%) \quad \text{여기서, } I_r = R(0.1 + 0.01 \times V) (\%)$$

<표 7-1-2> 지형분류와 작업방식

지형구분	I (완)	II (중)	III (급)	IV (급준)
지형지수 (I)	0~19	20~39	40~69	>70
집운재방식	트럭	트랙터	중거리가선	장거리가선

1.4.2. 손익분기점에 의한 기계도입의 검토

기계를 도입하는 편이 경제성이 있을까, 혹은 동일한 역할을 가진 2종류 이상의 기계화 작업방식의 경제성을 비교하는 경우 손익분기점이 이용된다. 이것은 생산총비용 C, 고정비 F, 변동비 V, 생산량 N 사이에는 $C=F+NV$ 의 관계가 있으므로, 이것을 이용하여 2종류 이상의 작업방식 경제성을 판정하는데 이용된다. 여기서 고정비라고 하면 생산량의 변화에 관계없이 일정하게 소요되는 비용으로 예를 들면, 고정자산의 감가상각비, 직원의 급여, 집재가선의 가설 및 철거비, 트랙터 집재작업의 경우 작업로 시설비 등이다. 여기에 대해 변동비는 생산량에 비례하여 증가 또는 감소하는 비용으로 임목대금, 연료비, 소모재료비 등이 여기에 포함된다.



<그림 7-1-2> 기계도입의 경제성 검토

2가지 기종의 트랙터 작업의 작업비용을 그림 7-1-2와 같이 생산총경비 C를 Y축, 생산량 N을 X축으로 하여 A기종의 작업 $C=F+NV$ 와 B기종의 작업 $C'=F'+NV'$ 의 그래프를 그렸을 때, 이 C와 C'를 비교하면 A기종 작업과 B기종 작업 두개의 선은 어느 지점에선가 교차한다. 이 교점이 등치점으로서 이점 보다 N이 적을 때에는 B기종이 유리하고, 클 때에는 A기종이 유리하다고 판정된다. 여기에서 등치점 N의 값은 $N=(F'-F)/(V-V')$ 로 계산된다. 역시 이 식은 가장 간단한 경우이고, 실제로는 손

익에 관계하는 모든 요인을 검토하여 판정할 필요가 있다.

1.4.3. 임업기계의 최적투자액

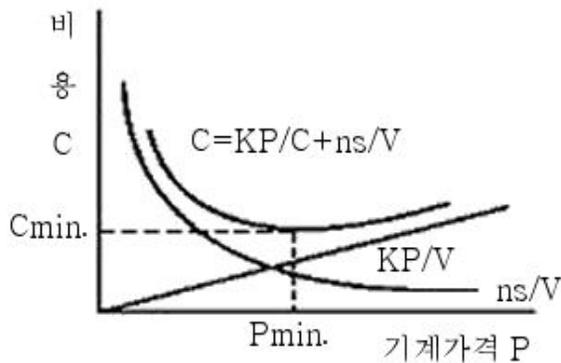
경제적 최적성을 고려할 경우, 수익최대화와 비용최소화의 경우가 있지만, 임업기계화 작업의 경우 비용의 최소화를 기준으로 하는 것이 보통이다. 집재비용에 영향을 미치는 요인은 연간 작업량, 기계상각비, 연료비, 유지보수비, 작업구성 인원, 인건비, 집재효율 등이고 단위작업량당 집재비 C 는 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$C = \frac{KP}{V} + \frac{nS}{v} + E$$

여기서, P : 기계가격, V : 연간 작업량, K : 년상각비, 연료비, 유지보수비 등 일반적으로 기계가격에 일정비율을 적용하여 산출되는 것의 계수 합계, n : 작업조 인원, S : 1일당 인건비, v : 집재효율(능률/조 · 일), E : 기타 단위작업량당 비용의 합계이다. 또 단위작업량당 집재비의 최소치 C_{min} 은 기계가격 $P = P_{min}$ 의 경우이다.

$$P_{min} = \frac{bn \cdot SV(1/(b+1))}{aK}$$

여기서, 집재효율은 기계가격이 $V = aP^b$ (a, b 는 파라미터)로 되고, 또 C_{min} 과 P_{min} 의 관계는 그림 7-1-3과 같다.



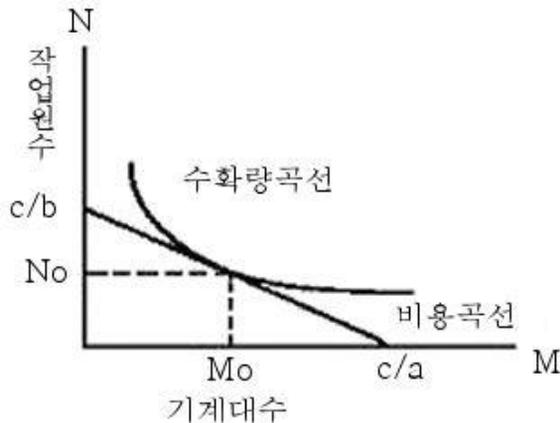
<그림 7-1-3> 임업기계 최적투자액 곡선

1.4.4. 기계경비와 인건비의 최적비율

기계비용과 인건비의 최적비율은 더글러스의 함수이론에 의해 구할 수 있고, 투입 기계 대수를 결정하는 것에 이용된다. 사용기종을 결정하는 방법으로서 투입대수를 M , 작업원수 N , 일정기간의 기계 1대당 비용을 a , 1인당 비용을 b , 그 기간의 수확량을 V , 기계비와 인건비의 합계를 C 라 하면 비용곡선, 수확량 곡선은 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$C = aM + bN \text{ (비용곡선)}, \quad V = kM^m N^n \text{ (수확량곡선)}$$

k, m, n 은 실적 등에 의해 정해진 정수이고, V, C 를 일정하게 하면 그림 7-1-4와 같은 곡선이 된다. 이 두 곡선이 접하는 위치(M_0, N_0)가 최적비율을 가리킨다.



<그림 7-1-4> 수확량 및 비용곡선

1.5. 기계화작업의 관리

1.5.1. 임업기계의 상각

1.5.1.1. 감가상각 방법

상각방법은 정액법 및 정율법을 이용한다.

- 정액법 : (취득원가 - 잔존가액) × 상각율 = 각 사업년도의 상각비

잔존가액은 일반적으로 취득원가의 10%, 상각율은 1/내용년수이다. 정액법에 의하면 매년 일정액의 감가상각비를 계산할 수 있다.

- 정률법 : 일정한 비율(상각율)을 미리 계산하여 매년말 미상각 잔고에 그 상각율을 적용하여 그 년도의 상각액을 산출하는 방법을 되풀이하는 것이다. 상각율의 결정은 다음식과 같이 구한다.

· 취득원가 × 상각율 = 1년째의 상각비, 미상각잔고 × 상각율 = 2년째 이후의 상각비

$$\text{여기서, 상각율 } r = 1 - \sqrt[n]{\frac{\text{잔존가액}}{\text{취득원가}}}$$

<표 7-1-3> 감가상각 자산의 상각율표

내용년수		2	3	4	5	6	7	8	9	10
상각율	정액법	0.500	0.333	0.250	0.200	0.166	0.142	0.125	0.111	0.100
	정율법	0.684	0.536	0.438	0.369	0.319	0.280	0.250	0.226	0.206

1.5.1.2. 감가상각 자산의 내용년수

<표 7-1-4> 자산의 내용년수

세부항목		내용년수	세부항목		내용년수
집재기(야더)		5	목립기		3
활차 및 반송기		3	표고 건조기		8
와이어로프		3	표고골목 천공기		3
트랙터	보행형(경운기)	5	발전기		5
	승용형트랙터	8	모노레일		4
포크리프트		4	화물차	덤프식	4
임내운재차		3		기타	5
체인톱		3	마이크로버스		6
예불기		3			

1.5.2. 작업경비

어떤 생산활동을 할때 단위작업량당 생산원가, 즉 작업경비는 그 활동 전 과정의 결과를 일괄하여 평가하는 지표라 볼 수 있고 이에 따라 생산에 관련된 여러 가지 수단이나 방법이 합리적으로 조직화되어 운영도 원만하게 될지의 여부가 집약된 형태로 나타낸다. 따라서 경비구성요소를 분석함에 따라 문제점의 파악이나 그것을 개선하기 위한 검토방법 등을 명확히 할 수 있다.

<표 7-1-5> 벌채 및 반출경비의 구분

벌채 및 반출경비 (A)		공통경비 (B)	
작업별	항목별	구 분	항목별
벌목조재	노임, 손료, 연료	반 출 로	신설, 보수
		집재가선	가설, 철거, 보수
소 집 재	노임, 손료, 연료	산원토장	설치
		가 설 비	작업원숙소, 사무실, 창고 등
기계집재	노임, 손료(부속 기자재 포함), 연료	숙소비용	전기, 가스, 수도, 연료
		현장인건비	취사인부, 잡역부
적재, 집적	노임, 손료, 연료	기자재운반비	-
		인력수송비	-
잡 역	-	임차료, 손료	용지임차
트럭운임	-	잡역	-
산재보험	-	산재보험료	-

작업비용의 계산은 입목가격 산정 시에 사용되는 비용 구분 표에 나타난 것처럼 주요생산 경비인 벌채 및 반출사업비(직접경비)와 공통경비(간접경비)로 구분할 수 있으며, 각각에 대해 필요한 작업종별마다 세분하여 나타난 개별항목에 따라 단위재적당 경비를 계산하는 것이 좋다. 그러나 작업의 대부분을 단일기종에 의한 한 가지 작업방식만으로 한정짓지 말고 복수의 기계 및 작업방식에 따라 작업을 실행하며, 각각의 작업물량도 균일하게 하지 않는 것이 일반적이다. 따라서 이와 같은 경우에는 관련된 전체의 작업에 대해 단위재적당 경비를 계산해야만 한다. 이것이 대단히 복잡한 것처럼 생각되지만 단일기종에 의한 단일작업에 대해 개별적으로 계산을 하여 이것을 집계하여 각각의 기계에 대한 작업량의 비율을 곱하여 계산하면 된다.

1.5.2.1. 벌채 및 반출사업 경비

입목가격산정은 시설비, 공통경비를 제외한 원목생산에 대한 모든 사업경비의 단위재적당 합계액으로서 표 7-1-6에서와 같이 기계작업은 각 작업종별로 기계손료, 인건비, 연료비 등 3가지로 구분할 수 있다.

<표 7-1-6> 기계운전 1시간당 전손료율

기계명	규격	내용 시간 (hr)	내용 년수 (yrs)	년간 운전 시간 (hr)	1일운 전시 간 (hr)	년간 사용 일수 (일)	상각 비율	정기 정비 비율	현장 수리 비율	년간 기계 관리 비율	시간당 손료율 (%)	사용시 간당 손료율 (%)	1시간당 전손료 율 (%)
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫
집재기	75ps 이상	6,300	7	900	6.0	270	0.9	0.75	0.21	0.065	0.0224	0.0144	0.0368
	55-75ps	5,400	6	900	6.0	270	0.9	0.75	0.21	0.065	0.0261	0.0156	0.0417
	25-55ps	4,500	5	900	6.0	270	0.9	0.75	0.21	0.065	0.0313	0.0172	0.0485
트랙터	차륜형(6톤)	6,500	6	1,080	6.0	260	0.9	0.75	0.21	0.065	0.0217	0.0130	0.0347
	차륜형(2.5톤)	5,400	5	1,080	6.0	240	0.9	0.75	0.21	0.065	0.0261	0.0144	0.0405
	궤도형(10톤)	6,500	6	1,080	6.0	260	0.9	0.85	0.23	0.065	0.0235	0.0130	0.0365
	궤도형(8톤)	6,500	6	1,080	6.0	260	0.9	0.85	0.23	0.065	0.0235	0.0130	0.0365
	궤도형(6톤)	5,400	5	1,080	6.0	240	0.9	0.85	0.23	0.065	0.0281	0.0144	0.0425
체인톱	전기종	1,800	3	600	4.0	240	0.9	0.60	0.43	0.065	0.0822	0.0325	0.1147
크레인	트럭크레인	7,200	6	1,200	6.0	270	0.9	0.64	0.22	0.065	0.0182	0.0167	0.0299
로그 로더	궤도형(1.6톤)	6,500	5	1,300	6.5	270	0.9	0.75	0.21	0.065	0.0217	0.0119	0.0336
	차륜형(2.8톤)	7,800	6	1,300	6.5	270	0.9	0.75	0.21	0.065	0.0181	0.0108	0.0289
	포크리프트(2톤)	7,800	6	1,300	6.5	270	0.9	0.64	0.22	0.065	0.0168	0.0108	0.0276
	상차작업기	7,500	5	1,500	6.5	270	0.9	0.64	0.065	0.0145	0.0103	0.0248	
	설키	5,000	5	1,000	6.0	250	0.9	0.75	0.050	0.0240	0.0140	0.0380	
	보행용트랙터	3,600	4	900	6.0	240	0.9	0.30	0.050	0.0208	0.0181	0.0389	
	소형집재차(델피스)	1,800	3	600	6.0	240	0.9	0.60	0.050	0.0250	0.0167	0.0417	
버스	19인승이상	6,000	6	1,000	5.0	250	0.9	0.55	0.23	0.070	0.0205	0.0145	0.0350
	18인승이하	5,000	5	1,000	5.0	250	0.9	0.38	0.18	0.045	0.0202	0.0135	0.0337

※⑩ : (0.5×⑥+⑦+⑧)/①, ⑪ : (0.5×⑥+⑨×②)/(②×③), ⑫ : ⑩+⑪

가. 기계손료

단일기계로 단일작업을 실시하는 경우 그 기계의 가동 1시간당 소요되는 상각비, 정기점검비, 현장수리비 등의 합계액으로 보통 그 액수의 기계구입비에 대한 비율을 시간당 전 손료율(%)이라 하며 이것을 기계구입비에 곱하여 구한다.

시간당 전손료율의 계산식 및 주요기계의 손료율은 표 7-1-6과 같으며, 전 손료율이 구해지면 단위 재적당 손료는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$- \text{작업 1시간당손료(원/시)} = \frac{1}{100} \times (\text{기계구입원가(원)} \times \text{시간당전손료율(\%)})$$

$$- \text{단위재적당손료(원/m}^2\text{)} = \frac{1}{\text{1일작업량(m}^2\text{)}} \times (\text{작업1시간당손료(원/시)} \times \text{1일가동시간(시)})$$

또한, 복수의 작업자가 복수의 기계를 이용하여 연속작업을 실시하는 것을 하나의 사업단위로서 개별기계로 처리한 재적의 총 처리재적에 대한 비율을 작업비율(%)이라고 한다면 1사업단위의 단위 재적당 손료는 각각의 기계마다 상기한 계산을 하여

단위 재적당 손료를 구하고 여기에 작업비율을 곱하여 계산하면 된다. 한편 신기종의 시간당 전 손료율을 구하지 못할 경우에는 유사한 기계의 사용실적 등에 따라 연간 상각비, 수리비 등의 개략치를 추정하여 다음 식과 같이 구하면 된다.

$$- \text{단위재적당 손료(원/m}^3\text{)} = \frac{\text{년간상각비, 수리비합계(원)}}{\text{년간작업량(m}^3\text{)}}$$

$$\text{단, 연간상각비, 수리비합계(원/년)} = \frac{\text{구입가격(원)} \times (\text{상각비율} + \text{정비·수리비율})}{\text{상각년수(년)}}$$

이다. 단일사업의 단위재적당 손료는 앞에 계산한 것과 같다.

나. 인건비

$$- \text{단위재적당 인건비(원/m}^3\text{)} = \frac{\text{1사업단위 작업원의 1일당인건비 합계(원/일)}}{\text{1사업단위의 1일작업량(m}^3\text{/일)}}$$

$$= \frac{\text{1사업단위의 1일당평균 인건비(원/인·일)}}{\text{1사업단위의 평균노동생산성(m}^3\text{/인·일)}}$$

다. 연료비

기계의 사용실적 혹은 기준표 등에서 기계운전에 필요한 연료, 윤활유, 기타 유류 등의 1일당 소비량을 구하고 다음식과 같이 계산한다.

$$- \text{단위재적당 연료비(원/m}^3\text{)} = \frac{\text{기계작업 1일당 연료소비량} \times \text{단가(원/일)}}{\text{기계작업 1일작업량(m}^3\text{/일)}}$$

복수의 기계로 일련의 작업을 실시하는 하나의 사업단위의 단위재적당 연료비용은 개별 기계마다의 단위재적당 연료비에 각각의 기계작업 작업비율을 적용하여 구하면 된다.

1.5.2.2. 시설비 · 공통비

가. 가선설치비

가선집재작업에 있어서 발생하는 가선의 가설, 철거, 교체에 필요한 경비이며, 여기에 필요한 작업원수와 인건비로 계산한다. 또한 철거, 교체에 투입된 인원은 보통 가설인원에 대하여 일정한 비율로 곱하여 구한다.

$$- \text{가설철거비(원)} = \text{작업원수(인·일/m)} \times \text{가선길이(m)} \times \text{인건비(원/일·인)}$$

$$- \text{단위재적당 가설철거비(원/m}^3\text{)} = \frac{\text{가설철거 소요비용(원)}}{\text{1가선당 생산량(m}^3\text{)}}$$

나. 작업로 시설비용

해당사업을 효율적으로 실시하기 위해 개설되는 간이작업로 등의 시설비용으로 사업비로 취급되는 것이다. 전형적인 예로는 저규격의 자동차도나 트랙터 작업로이다.

$$- \text{작업로 시설비용(원/m}^3\text{)} = \frac{\text{작업로 시설단가(원/m)} \times \text{설치길이(m)}}{\text{사업단위의 전체생산(m}^3\text{)}}$$

1.5.3. 작업비용에 미치는 영향인자

벌채 및 반출작업에 필요한 경비는 앞에 표시한 식에 의해 필요한 경비를 산출하여 집계한 것이지만 관련되는 인자로부터 경비가 어떠한 영향을 받는지를 생각해 볼 필요가 있다.

1.5.3.1. 기계비용

기계작업을 행하는 경우 그 기계의 상각비, 수리비 및 기계관리비 등을 종합한 기계손료를 경비로 계상하지만, 경비에 포함되는 비율이 높고, 그 중에서도 기계상각비는 가장 큰 비중을 차지한다. 기계손료는 기계의 구입가격에 비례하고, 그 기계를 사용한 1일당 작업량 즉, 작업공정에 반비례한다. 따라서 작업경비를 낮추는 것은 저가의 장비를 구입하는 것이 좋다고 할 수 있지만, 경험에 의하면 저가의 기계는 작업능률의 한계가 낮으므로 대폭적인 비용절감이 쉽지 않다. 그렇다면 비싼 기계를 이용하면 여기에 맞는 1일 작업공정이 높아야 하지만 이와 같은 작업능률이 좋은 기계를 사용하여 기계비를 저렴하게 하기 위해서는 가능한 한 연간 가동일수를 늘여야 한다. 그 결과 연간 작업량은 상당히 늘어나게 되며 동시에 이 물량이 확보되어야 한다. 상당히 고가의 장비를 이용하는 공정(工程)은 1일 2~3교대로 작업을 실시하고 있는 것도 같은 취지인 것이다.

이와 같이 기계작업은 그 기계의 성능, 작업능률, 가동 일수 등에 따라 연간 혹은 상각 기간 내에 확보할 작업량이 결정된다. 따라서 이 작업량을 확보하는 것이 기계작업을 실시하는 면에서 대단히 중요한 문제이다. 이것을 할 수 없으면 본래 기계작업의 효과를 발휘시킬 수 없는 것이다.

1.5.3.2. 인건비

인건비의 비중을 낮추는 방법은 저임금의 작업원을 구하는 것이 가장 간단한 방법이지만, 오늘날 고임금화 시대에 이것을 추구하기란 대단히 어려운 문제이며, 이러한 상황 하에서는 인건비가 최대의 요인이 되므로 작업원의 수를 가능한 한 감소시킬 수 있는 작업시스템이 필요하며, 작업량의 증가를 위해서는 1인당 노동생산성이 높은 작업시스템으로 전환해야 할 것이다.

1.5.3.3. 연료비

이 경비는 연료의 소비량 및 단가에 비례하고, 1일당 작업량에 반비례한다. 따라서 기계의 대형화로 연료 소비량이 증가한다고 해도 기계를 이용한 1일 작업량이 증가하면, 경비 가운데 그렇게 큰 비중을 차지하는 비용은 아니다.

1.5.3.4. 설치·철거비, 반출작업로 시설경비 등

가선의 설치·철거비용은 공통비용에 포함되는 것이지만 사업비의 일부로 볼 수 있으며, 이 경비는 단위 노선당 작업량이 증가할수록 비용이 내려가지만 이 조건을 현실적으로 충족시키기는 어렵고, 미리 결정되는 경우가 많다. 그렇다면 작업량을 증가시켜야만 하므로 그러기 위해서는 설치·철거를 능률적으로 하거나 가선거리를 짧게 할 필요가 있으며 이를 위해 타워야더를 이용하거나 작업로를 설치하게 된다. 작업로 설치비용도 가선설치·철거비와 같이 결국 설치단가를 낮추는 것이 중요하다

1.6. 임업기계화 작업

산림작업은 농업이나 타 산업분야에 비하여 매우 다양한 작업조건하에서 이루어지므로 기계화가 매우 늦게 발전하였다.

산림작업이 이루어지는 장소와 작업대상, 작업내용에 따라 크게 묘포작업, 조림 및 육림작업, 임목수확작업, 임도 및 토목관련 작업으로 나눌 수 있으며, 이러한 산림작업별 특징과 세계적인 임업기계화 수준을 비교하면 표 7-1-7과 같다.

이 중에서 기계화에 대한 내용을 보면 가장 기계화가 발달한 스웨덴 및 캐나다 등의 평지림이 많은 국가와 오스트리아, 스위스, 일본 등과 같이 산악림이 많은 국가에 있어서 차이가 있다. 또한 지형의 차이에 따라서 적용하는 작업시스템 및 사용 장비

가 차이가 있으나 조립 및 육림작업의 대부분은 아직도 인력작업에 의존하고 있다.

1.6.1. 양묘작업(묘포작업)

현재 임업용 묘포에서 사용되고 있는 기계의 대부분은 농용 트랙터를 기본장비로 하고 있다. 이것은 묘포가 일반 평지에 있고 급경사 부정지(不整地)를 주행할 필요가 없으며, 묘포작업이 농업과 유사하여 부속장비를 겸용할 수 있기 때문이다. 소규모 작업에서는 보행형 2륜 핸드트랙터(경운기)를, 대규모 작업에는 승용형 4륜 트랙터가 많이 이용되고 있다.

<표 7-1-7> 산림작업별 기계화 수준

작업별	작업의 특징	임업선진국의 기계화 수준
묘포 작업	<ul style="list-style-type: none"> - 농업의 작물재배와 유사함 - 평탄지의 포장에서 이루어지므로 기계화 용이 - 용기묘재배 방법으로 생력화 가능 	<ul style="list-style-type: none"> - 대규모 포지규모에서 기계화 - 시설을 이용한 용기묘재배의 보급 - 대부분 기계화되어 있으며 제조작업 등의 일부작업에 인력 병행
조림 및 육림 작업	<ul style="list-style-type: none"> - 경사지에서 이루어지는 작업으로 작업종류가 다양함 - 대상이 임목으로서 질적인 작업이 우선되는 작업이 대부분임 - 임내에서 임목을 대상으로 하는 작업임 - 조림지 정리작업 : 기계적으로 지조물의 제거가능 - 조림작업 : 구덩이 파기작업은 기계적인 작업이나 식재 및 국소조건에 따른 식재 구덩이 위치 선정 등에 판단이 필요 - 천연림 보육, 덩굴치기 : 작업원의 경험과 육림지식 필요 - 풀베기작업 : 인력, 예불기 작업 - 지타작업 : 기계적인 작업으로 기계화 용이 - 전반적으로 작업방법의 개선을 통한 생력화가 가능함 	<ul style="list-style-type: none"> - 조림지 정리작업에 트랙터, 굴삭기, 대형 파쇄기 등의 이용(중경사 이하) - 인력식재 방법이 경제적이고 일반적으로 사용되는 방법임(일반묘, 용기묘) - 스웨덴, 독일 등지에서는 트랙터를 이용한 일반묘 식재(특히 대묘의 평탄지조림) - 스웨덴, 핀란드에서는 용기묘 자동식재장비가 개발 (포워드에 식재장치 탑재, 굴삭기 탑재형-예; Eco-planter) - 경사지에서의 조림 및 육림 기계화 작업을 위한 경사지 주행용 탑재차량의 개발단계(일본) - 천연림보육, 덩굴치기 등은 인력작업에 의존 - 풀베기 작업에 예불기 사용 보편화 - 중경사 이하에 풀작기용 자주식 장비사용(리모콘 조작 전용장비) - 가지치기 작업용 자동지타기 보급(일본)
임목 수확 작업	<ul style="list-style-type: none"> - 벌목작업, 조재작업, 집재작업 등은 질적인 면이 중요치 않음 - 벌목작업을 제외하고는 작업로를 이용한 작업이 가능함 - 중량물인 원목을 다루는 작업이므로 기계를 이용시 생력효과가 큼 	<ul style="list-style-type: none"> - 벌목작업은 바퀴식 또는 궤도식 차량에 장착된 펠러번처, 하베스터헤드 등을 이용하여 기계화 - 완경사지역(30% 이하)에서 주행 및 작업가능한 장비가 보급 - 급경사(30~50%)에서 작업가능한 장비가 개발되어 일부 보급(Timbco, Neuson, MHT 등) - 원목의 끌기, 적재운반 : 스키더(임업용트랙터), 포워드 등 장비이용 - 급경사지(50% 이상)에서의 집재작업 : 가선집재장비 이용 - 간벌작업용 경사지용 소형 하베스터 등 개발 보급

1.6.1.1. 퇴비 산포작업

퇴비산포작업은 토양개량을 목적으로 퇴비를 포지에 산포하는 작업으로서 운반하는 장비는 견인식 적재함을 가진 운반 산포식과 직결형 요산식(搖散式)의 2종이 있다. 운반식은 퇴비사에서 적재하여 포장까지 운반하여 비터의 회전에 의해 균일하게 산포하는 것이고, 퇴비산포작업을 하지 않을 때에는 트레일러로 이용할 수 있다. 요산식은 미리 포장 내에 일정한 간격으로 쌓아둔 퇴비를 전면적으로 흩뿌리는 것이다. 산포량은 콘베이어의 속도에 따라 4단계로 변환이 가능하고, 속도의 변환은 라쳇트 방식과 연속 워엄기어식이 있고, 레버의 위치에 따라 속도가 변하며, 면적당 산포량은 콘베이어 속도와 트랙터속도에 의해 결정되어진다.

1.6.1.2. 경운·쇄토작업

토양의 이화확성을 묘목의 생육에 적합한 상태로 하기 위해 묘포의 쇄토, 경운, 갈아엎기 등을 실시한다. 플라우는 승용형 트랙터를 이용하고, 심경 및 갈아엎기에 적합하다. 원판 플라우도 승용트랙터로 활용하고 있고 작업기가 회전하여 장애물을 피해가기 때문에 배토판 플라우에 비하여 석력지 등에 사용하기 적합하다. 로터리는 승용, 보행식 2가지 트랙터에 모두 사용되는 형태가 있다. 쇄토성능이 우수하고 경운 폭이 넓지만 반전성능은 플라우에 비해 좋지 않다. 원판 해로우는 승용트랙터로 견인되지만 쇄토성능에 중점을 두고 있는 작업기이므로 플라우 경운과 조합하여 사용되는 경우가 많다. 경운작업이 충분히 실시된 후, 트랙터에 장착된 배토기를 이용하여 상을 설치한다.

1.6.1.3. 조상작업

조상작업은 과종상 및 이식상에서 지하수가 높고, 배수가 나쁜 곳의 상을 만드는 작업으로서 기계 종류로는 일반형과 로터리형의 2가지가 있으며, 작업정도(精度)가 좋은 로터리형이 많이 이용되고 있다. 로터리형은 상의 토양을 쇄토하고 상면에 편평하게 비산시켜 진압하는 것으로 기계에 따라서는 상폭도 100~120cm까지 조절이 가능하다.

1.6.1.4. 이식(상체)작업

상체묘의 식재를 실시한다. 승용 또는 보행식 트랙터로 견인하는 방법 및 자주식의 2가지가 있다. 묘상 위를 주행하면서 구굴기로 파고 식재기구로 파여진 골에 묘목을 식재하고 답압용 바퀴로 눌러 준다. 묘목의 식재는 인력으로 실시하기 때문에 트랙터 운전자 외에 식재열수에 맞는 작업원이 필요하다. 자주식은 묘상 위를 직진하도록 센서를 부착하여 운전자가 필요하지 않다.



<그림 7-1-5> 자주식 묘목이식기

1.6.1.5. 방제작업

약제로 병충해나 잡초의 제거를 위해 실시하는 작업으로서 토양소독기는 경운기 견인식으로 주입구멍을 땅속에 삽입하여 견인하고, 압봉롤러를 겸한 차륜의 회전에 의해 펌프로 주입구멍의 끝에서 간헐적으로 약액을 주입하는 것과 자주식으로 약액 주입용 노즐을 일정간격으로 땅속에 넣는 방법 등이 있다. 살포기와 분무기는 동일한 형태의 기계로 취급한다. 배부식 방제기는 20~50cc 정도의 소형 엔진으로 압력을 가하여 약제를 분무하는 것으로서 부속기의 교환으로 미스트기, 산분기, 산립기, 비료산포기 등 다목적으로 사용되는 것이 일반적이다. 대형 기계로는 트랙터 탑재식, PTO구동 트랙터견인식, 독립기관을 장착한 트랙터 견인식, 자주식 등이 있지만 대부분은 분무기, 스피드 스프레이어 등의 액제산포용 기계 등이 있다.

1.6.1.6. 중경제초작업

묘목의 생육기간 중 토양을 섞어 묘상내의 잡초를 제거한다. 승용 또는 보행형 트랙터에 컬티베이터를 장착하고 식재열간을 갈아엎는다. 또한 보도의 배수를 원활하

게 할 수 있도록 보도의 잡초를 제거할 수 있는 중경제초기도 있다.

1.6.1.7. 단근굴취작업

묘목의 굴취를 용이하게 함과 묘목의 생장을 조절하기 위해 묘목의 뿌리를 일정한 깊이로 절단한다. 묘상폭의 단근용 날을 트랙터로 견인하고 묘상의 토중을 통과하므로써 단근작업을 실시한다. 견인저항을 감소시키고 단근성능을 향상시키기 위하여 단근날을 곡선으로 만든 것, V형으로 한 것, 날에 진동을 주는 것 등이 있다. 묘상을 건너갈 필요가 있기 때문에 경운기(Hand tractor)를 기본기계로 사용하는 경우에는 최저지상고가 낮고 윤거가 좁을 뿐만 아니라 견인력이 부족하여 특수한 철차륜을 장착하여 작업을 실시한다.

1.6.1.8. 측근 절단작업

육묘기술의 생력화를 위해 직근만 절단하여 거치 양묘를 하면 측근이 성장하여 뿌리의 형태가 안 좋은 결함묘가 되기 쉽고, 굴취도 용이하지 않으며 더욱이 측근이 길게 자라 인접 묘목에 뿌리가 엉켜 분리할 때에 서로 끊기는 현상이 발생된다. 이 경우 거치묘목을 근절기를 이용하여 측근을 절단하면 양호한 뿌리의 성장이 되고 측근에서도 세근이 발생되어 유효근계가 충실하여 1회 상체로 2회 상체 이상의 효과를 나타낼 수 있다.

1.6.1.9. 운반작업

묘포에서 퇴비, 비료, 산행묘나 가식묘 외에 육묘자재 및 기계기구 등의 운반작업이 필요하다. 묘포용으로 사용되는 트레일러는 풀 트레일러, 세미 트레일러의 2종류이고, 견인장치도 소형트랙터는 트레일러 히치 또는 링크식 연결, 대형트랙터는 자동히치 또는 스윙연결에 의해 견인된다. 한편 트레일러는 임도에서의 작업이 쉽게 좌우방향으로 짐을 내릴 수 있는 기종도 있다.

1.6.1.10. 돌고르기 작업

플라우의 경운으로 팽연된 토양을 퍼 올리면서 주행 중 PTO축을 구동시켜 흙과 돌을 분리하여, 흙은 콘베이어에 의해 자동 낙하시키고 돌은 직경 30mm 까지 걸러져

버킷에 쌓이는 구조로 버킷에 집적된 돌은 형식에 따라 다르지만 수동 또는 유압에 의해 버려진다. 특히 유압식은 호이스트로 지상고 1.6m까지 들어올려져 바로 트럭 또는 트레일러로 운반이 가능하다.

1.6.2. 조림작업

1.6.2.1. 조림지 정리작업

조림지 정리작업은 벌채적지의 폐잔재나 근주 등을 제거 정리하는 작업으로서 인력작업으로 임내에 적치해 놓는 방법이 있으나 최근에는 기계화 작업으로서 레이크 도저, 근주제거기, 로터리 커터 등의 기계가 보급되어 완·중경사지에 투입되고 있다.

레이크 도저에 의한 작업은 벌채적지의 지조정리 뿐만 아니라 식재를 고려한 깊이 10cm 정도의 경운, 소경목 벌근처리 등의 작업이 가능하다.

스톰프 치퍼는 회전원판의 바깥 주위 및 양 측면에 부착된 견고한 끝형 절삭날을 고속 회전시키고 벌근 측면에서 적당한 깊이(100mm)로 목질섬유에 평행하게 절삭하고, 쪼으로 만들면서 지제부까지 벌근을 제거할 수 있는 장비이다.

로터리 커터는 트랙터 PTO축으로부터 전달된 회전동력을 증속시키는 기어박스의 아래쪽에 돌출한 수직축의 하단에 고정 장착된 장방형 혹은 원형기관의 끝에 자유로운 회전을 하는 힌지가 부착된 하나 혹은 3개로 충분한 강도를 가진 날형 커터를 트랙터 주행속도의 100배 전후의 고속도로 회전시켜 그 관성력을 이용하여 직경 수cm까지의 관목, 조릿대, 잡초 등을 용이하게 제거할 수 있는 작업기도 활용되고 있다.

1.6.2.2. 식혈작업

식혈작업은 묘고 30cm 전후의 산출묘(山出苗)를 조림지에 식재할 목적으로 직경 30cm, 깊이 30cm의 식재용 구덩이를 파는 작업이다. 식혈기에 의한 구덩이 파기 작업은 인력에 의한 작업에 비해 노동강도의 경감, 노동생산성의 향상과 안전성을 확보할 수 있음과 동시에 조림목 성장에도 좋은 영향을 미칠 수 있다.

구덩이 파기 요령은 지피물을 구덩이에 들어가지 않도록 함과 동시에 식혈기 날의 회전에 의한 원심력으로 부식토를 구덩이 바깥으로 비산시킬 수 있도록 운전조작을 한다.

외국에서는 조림작업의 생력화를 위하여 파종 후 수고 10cm 전후로 성장한 포트묘

실생묘를 직접 조림지에 식재할 수 있는 포트묘 식재가 실용화 되고 있다. 그러나 우리나라에서는 직경 및 깊이 모두 약 30cm 정도의 구덩이를 파서 1~2회의 상체를 시킨 수고 30cm 급의 2~3년생 산출묘를 식재하는 것이 무엇보다도 바람직하다고 지도하고 있다. 따라서 외국에서 실용화 되고 있는 자동식재기와 직경, 깊이 약 30cm 정도의 구덩이를 파는 어스오거는 실용화되고 있지 않다.

1.6.2.3. 묘목식재작업

별채적지의 정리가 종료된 조림예정지에서도 주별목의 벌근이 있고, 관목, 뿌리가 굵은 대나무, 조릿대, 잡초 등의 근계, 석력 등의 장애물이 많은 것이 보통이다. 따라서 트랙터 뒤에 PTO 축에서 수평축의 주위로 연직방향으로 회전한다. 깊이 250mm, 폭 300mm 정도로 지표를 굴기할 수 있는 회전 굴기 날을 갖추고, 묘포에서 사용하는 상체기와 동일한 원리로 뱃머리형 플라우로 흙을 절개하여 식재할 곳을 판 후, 바깥 주위에 묘목보관 장치에 탑재된 식재 원판을 회전시키면서 식재기 의자에 앉은 작업원이 묘목을 삽입하므로써 묘목이 식재된다. 특히, 약간 상방향에서 열려 있는 상태로 편심되도록 2중열로 설치된 진압바퀴로 흙을 모아 누름으로서 식재작업을 할 수 있는 임업전용 식재기가 개발되고 있으며, 4륜구동 차륜형 트랙터에 경운 식재기능을 가진 일반묘 자동식재장치와 포트묘 자동식재기도 있다.

1.6.3. 육림작업

1.6.3.1. 풀베기 작업

대표적인 방법이 휴대용 예불기의 사용으로 식재 후 5년간 조림목 주변의 풀베기를 하여 묘목의 생육을 양호하게 하는 작업으로서, 최근에는 플레일 모우어와 같은 차량형 장비가 보급되고 있다.



<그림 7-1-6> 소형굴삭기 부착형 및 트랙터 부착형 플레일모우어

플레일 모우어는 트랙터 PTO축으로부터 전달된 회전동력을 베벨기어를 통해 좌우로 배분하여 수평축에 전달하고, 특히 수평축 양끝으로부터 평기어 혹은 전동체인으로 지표 약 300mm 전후의 높이에 있는 수평 예블날 축에 속도를 증가하여 전달하고, 이 예블날 축의 주위에 회전이 자유롭게 부착된 길이 135mm, 폭 50mm, 두께 6mm 정도의 Y형 소형날 수십 매를 회전속도 약 25~40m/초 정도로 회전시켜, 커터의 관성을 이용한 절삭력으로 관목, 조릿대, 잡초 등을 예블할 수 있는 것이다. 로터축에는 브라켓형과 플랜지형이 있으며, 커터날에는 Y형 이외에 U형, V형, L형 등이 있다. 국내에도 최근에 노동강도의 경감을 위하여 굴삭기에 부착하여 사용할 수 있는 로터리형 제초장비가 개발되어 보급되고 있다.

1.6.3.2. 가지치기작업

가지치기는 ①양질의 목재생산, ②임목 개체성장 조절, ③주·간벌 벌채목의 조제율을 높이기 위한 임분 개체의 규격 분포 조절, ④임내 조도조절에 의한 하층식생의 활성화를 촉진하고, 지력감퇴, 표토유출의 방지, 임내의 병해충방제, ⑤임목의 풍해,

수관선태 방지, ⑥임내의 시야를 양호하게 하여 제·간벌시 걸림목 방지 등 임내 작업을 용이하게 하는 등 효과가 있는 작업이다.

그러나 최근 임업노동력 확보의 어려움으로 인해 특히, 사람 손이 필요한 간벌, 가지치기가 매우 어려워지고 있고, 고소작업을 수반하는 가지치기에서는 기계화에 대한 기대가 크다. 가지치기는 식재 후 10년째부터 2~3년에 1회 비율로 반복하여 작업을 실시한다. 각각 대상 임분의 생산목표, 생산재의 용도에 따라 가지치기의 방법은 다르다. 예를 들면, 상주용 원목을 생산하고자 하는 경우 가능하면 가지가 붙기 시작한 뿌리에서 제거하여 나무가 멋있게 보이도록 할 필요가 있고, 한편, 건축용 기둥재 또는 판재생산을 목적으로 하는 임분에서는 부패 및 변색이 생기지 않도록 수간표면에 있는 지용부까지 제거되지 않도록 가지치기를 하는 것 등이 요구되고 있다.



<그림 7-1-7> 동력식 체인 지타톱

<그림 7-1-8> 자동지타기

1.6.4. 방제작업

약제살포를 위해 사용되는 방제작업은 트랙터 더스터를 이용하며, 트랙터 후부의 3점지지 장치에 의해 장착된 더스터를 PTO축의 회전동력을 증속 전동시켜 약제살포를 하는 작업기가 있다. 조림지에서의 병해충 방제에 열간을 주행하는 트랙터 더스터에 의해 각종 병해충 예방 혹은 방제를 확실히 유효하게 실행할 수 있으며, 기존 휴대용 장비에 의한 농약중독 현상을 해소할 수 있는 작업방법이다.

1.6.5. 임목수확작업

임목수확작업은 임업 기계화의 척도가 되는 분야로서 기계화가 가장 많이 이루어진 분야로서 각종 임목수확장비가 개발 사용되고 있으며 외국의 경우에도 임업기계화가 가장 잘 이루어진 분야이다.

국내에 보급된 임목 수확용 임업기계는 대부분이 체인톱, 국내에서 제작한 소형원치 등의 소형장비가 대부분을 차지하고 있으며 체인톱의 경우 국내 시장이 협소하여 독일, 스웨덴, 일본 등에서 생산된 외국산 체인톱을 수입 활용하고 있는 실정이다. 국산 소형원치는 독일제 Stihl 070 및 090 대형 체인톱 엔진을 탑재한 썰매형 원치로서 기능인 작업단의 필수장비로 간벌작업 등에 널리 활용되고 있다.

중대형 임목수확용 임업기계류는 국유림 및 임업기계 지원센터에 외국산 타워야더와 국산 타워야더가 10여 대, 트랙터 집재기가 30여 대 보급되어 있으며, 궤도식 소형임내차와 6륜구동 소형임내차 등이 일본에서 도입되어 일부 사용되고 있다. 그 중 임도건설작업은 일반 토목작업과 동일한 작업방식과 장비를 사용하여 우리나라의 임업분야 중에서는 가장 기계화가 잘 이루어지고 있는 분야이다.

원목집계(로그 그레플, 우드그랩)는 국내에 널리 보급된 소형굴삭기에 부착하여 집재작업 및 원목의 상차작업 등 다목적 활용이 가능하게 하는 장비로서 국내에서 임도변이나 집재 토장에서 트럭 상차작업은 거의 이 장비를 이용하여 이루어지고 있다. 원목집계는 용도에 따라 굴삭기에 토공작업용 버켓과 로그그레플을 부착하여 집재로 개설, 집재작업, 상차작업에 활용할 수 있으며 굴삭기 부착용 유압식 원치도 국유림에 일부 보급이 되고 있다. 이러한 굴삭기에 로그그레플을 부착하면 중경사지까지 인력집재를 대체하여 집재작업에 활용할 수 있으나 일부 사유림의 경우 이러한 작업방식이 무분별한 작업로의 과도한 개설로 임지훼손의 원인이 되는 경우도 있다.

고성능 임업기계라고 일컫는 다공정 처리기의 경우 하베스터, 프로세서 등이 국내에 몇 대 도입 이용되고 있으나 국내의 지형여건상 널리 보급되지는 않았고 일부 기관에 시험적으로 도입되었으며 프로세서의 경우 국내에서도 국립산림과학원에서 국산제품이 개발되었다.

한편, 농업 및 축산분야에 사용하는 톱밥 및 목질 칩을 생산하기 위하여 간벌재 및 폐잔재를 분쇄하는 장비인 이동식 톱밥기계, 치퍼기 등의 장비가 몇 개 회사에서 국산화되어 보급되고 있다.

인력작업용 플라스틱 수라는 개발 초기에 강화 플라스틱(FRP)제품이 개발 보급되

다가 무겁고 파손되기 쉬운 단점 때문에 1994년 이후에는 FRP보다 내충격성이 강한 폴리에틸렌(PE) 소재의 수라가 개발되어 보급되고 있다.

또한, 농업용 트랙터에 부착하여 트랙터를 집재 작업장비로 활용할 수 있는 장비인 트랙터 부착형 윈치도 1드럼식과 2드럼식 윈치가 국내에서 생산되어 일부 보급이 되고 있다. 또 트랙터윈치에 철제 타워를 부착하여 하이리드 집재(highlead skidding)가 가능한 기종인 HAM200도 보급되고 있다. 이러한 농업용 트랙터에 부착 가능한 겸용형 장비는 전용장비에 비하여 성능은 다소 떨어지지만 농업용 트랙터를 저렴한 비용으로 다용도 활용이 가능하다. 또한 운전원의 확보와 보수유지가 용이하고 장비의 활용도를 높일 수 있는 장점이 있으므로 소면적 벌채와 연간 작업물량이 작아서 고가의 전용 장비 투입이 비경제적인 우리나라 실정에 적합한 방식이다.

4륜 구동트럭 집·운재의 경우 현재 국내에서 이용되는 4륜 구동트럭의 차폭이 약 2.3m 정도이므로 작업로의 노폭은 최소한 3m 이상이 되어야 한다. 중경사 이상의 임지에서는 이러한 노폭으로 작업로를 개설할 경우 다량의 토공작업이 필요하므로 임지훼손이 필연적이다.

따라서, 중경사지이상 간벌지에서 집재된 원목을 반출하기 위해서는 되도록 작업로 개설을 최소화하고 임도변까지 반출하기 위해서는 가선집재방식을 이용하면 임지 훼손을 최소화할 수 있다.



<그림 7-1-9> 굴삭기 부착 하베스터



<그림 7-1-10> 경사지 작업용 펠러번처



<그림 7-1-11> 다목적집재차(국산)



<그림 7-1-12> 북부집재기(국산)



<그림 7-1-13> 로그그래플(국산)



<그림 7-1-14> 소형임내차(국산)

1.6.6. 산림토목작업

오늘날 대부분의 임업토목공사를 수행함에 있어서 기계는 필수적인 시공수단이다. 특히, 임도공사에 있어서 토공과 같이 규모가 큰 작업의 경우, 기계화시공으로 시공 효율을 높이고 시공을 쉽게 함으로써 공사기간을 단축하고, 공사비를 절감할 수 있다. 그러나 규모가 작은 작업의 경우에는 오히려 공사비가 많아 질 수도 있다.

기계화시공에서 가장 먼저 하여야 할 것은 기종의 선정 및 조합이다. 시공기계는 요구되는 품질, 공사규모, 공사기간, 시공법 및 현장조건에 적합하여야 함은 물론, 보다 더 안전하고 경제적으로 시공할 수 있어야 하며, 또한 시공자가 조달할 수 있는 기종을 선정하고 조합하여야 한다. 그밖에도 기계의 신뢰성, 금후의 사용계획, 다용도성 등도 고려하여야 하며, 소음이나 진동 등과 같은 공사공해에 대한 대책도 기계의 선정에 중요한 요소가 된다.

기계를 선정 한 후에는 시공자가 기계를 직접 구입하여 사용할 것인가, 아니면 대

여업자의 기계를 이용할 것인가, 또는 전문업자에게 청부를 줄 것인가에 대해서도 신중히 검토하여야 한다.

임도의 유지관리 작업은 임도의 파손을 미연에 방지하는 예방에서부터 단기간에 끝나는 소규모작업과 임도의 일부를 장기간동안 새로이 개조하는 대규모작업에 이르기까지 포함된다. 임도뿐만 아니라 운재로에 대해서도 수시로 점검하여 우량한 상태로 유지하여야 한다. 배수시설에 쌓인 토사, 임도의 노면, 임도의 비탈면 등 유지관리에 기계를 효율적으로 사용할 수 있도록 하여야 한다.

1.6.7. 운재 및 하역작업

임목수확작업의 마지막 작업요소인 운재작업은 임지저목장 또는 중간저목장(transfer-point, timber yard)으로부터 제재소 등의 가공지까지 모든 목재의 수송을 지칭한다. 운재작업은 생산목을 운반한다는 의미에서 집재작업도 광의의 운재작업에 포함되나, 통상 운반거리 1km 이상의 경우에 운재작업이라 한다. 임도망이 발달하기 전의 산악림에서의 목재운송은 하천을 이용하여 수송하는 수상운재(water transportation)가 육상운재(land transportation)와 동등하게 중요한 운재수단이였다. 수상운재방법은 수리(水利)를 이용하므로 운반하는데 필요한 여러 가지 설비 및 노임이 적고, 다량의 목재를 반출할 수 있으나, 국내에서는 댐건설로 인하여 수상운재가 가능한 수계망이 없어져 새로운 수계망을 건설하지 않는 한 이용할 수 없는 방법이다. 국내에서 사용하고 있거나 사용가능한 육상운재방법은 도로운재와 철도운재 등으로 크게 나눌 수 있다.

도로운재는 트럭을 이용하는 트럭운재(truck transportation)로 철도 등의 궤도운재에 비하여 기동성이 있고 시설비 및 유지보수비가 적게 든다는 장점이 있다. 그밖에 적재한 트럭이 주행할 수 있는 모든 도로에서 이용이 가능하고 소량의 운반에서는 그 비용이 저렴하다는 장점이 있다. 하지만 대규모 운재작업에서는 비용이 높고 운반시간 지체 등 사고율이 높은 단점이 있다. 트럭을 이용한 도로운재의 효율을 향상시키기 위해서는 임도망의 확대 및 정비, 적재, 하역작업 등의 기계화 및 작업의 합리화가 동시에 이루어져야 한다.

그리고 철도운재는 일제시대에 국내에서도 목재의 반출을 위하여 산림 내에 부설한 산림철도(forest railway)를 이용하였으나, 목재생산량의 감소와 도로의 발달로 사용되지 않고 있다. 하지만 외국의 경우에는 산림전용철도가 아닐지라도 일반 철도

를 이용한 철도운재는 대량의 목재나 장거리의 수송에 매우 유용하게 사용되고 있다. 국내에서도 물류비용의 폭발적인 증가로 인한 목재생산 비용 중 운재비용의 부담을 경감하기 위해서 새로이 검토되어야 할 운재방법이다.

한편, 하역작업은 주로 임지에서 집재된 원목을 쌓거나, 정리하는 작업으로서 지형에 따른 제약이 크고 집재방식 등의 공정이 다양하여, 저목장에 비해 단위시간당 목재 취급량이 많은 특징이 있다. 사용되는 장비는 트럭크레인, 포크리프트 및 포크로더 등의 자주식 기계 등이 있고, 최근 많이 사용되는 유압그래픽 크레인은 초커작업원이 필요 없어 포크리프트, 포크로더와 같이 운전수 1인으로 작업이 가능하다. 이 때문에 작업원 1인당 생산량을 향상시킬 수 있고, 특히 긴 붐을 가진 대형 유압그래픽 크레인을 이용하여 임도주변의 집재작업도 가능하다. 이와 같이 유압그래픽 크레인은 임업용 하역기계로서 우수한 특징을 갖고 있어 임업선진국에서는 기본적인 임업기계로 되어 있으며, 우리나라에서도 금후 활용이 요망되는 기종이다.

1.7. 임업기계화의 전제조건

우리나라와 같은 임업상황 하에서 기계화작업은 많은 기술적, 사회적, 제도적인 제약을 받는데 일반적인 제약인자 들은 다음과 같다. 이러한 제약인자 중에서도 우리나라 임업이 가지고 있는 험준한 지형, 임분 구조의 복잡성과 영세한 소유구조로 인한 작은 시업규모, 낮은 임도밀도와 전문기능 작업원의 부족, 기계화 시업의 경험부족과 기계화 기술수준 낙후 및 기계화를 실시할 경영주체의 부재 등 기계화를 저해하는 문제들이 있으므로 앞으로 임업기계화를 실시하기 위해서는 이러한 문제들을 해결해야 할 것이다.

- 경영규모의 의존도가 높음

기계화에 있어서 고가장비를 투입함으로써 발생하는 자본비용(감가상각비, 자본이자)을 낮추기 위해서는 기계종류마다 연간 일정량 이상을 작업해야 하므로 일정 경영규모를 필요로 한다.

경영규모가 큰 경우에는 고가의 고성능 기계를 투입하더라도 경제성이 있으며 우리나라의 경우 국유림에서는 어느 정도까지 자체장비를 보유 활용할 수 있는 규모의 경제성을 확보하고 있다고 할 수 있다.

그러나, 소유규모가 영세한 사유림의 경우 산림경영을 집단화 하거나 기존 전문산림 기능 작업단과 장비를 확보해서 작업을 청부 대행해 줄 수 있는 기계 운영주체를

육성함으로써 기계의 가동률을 높여야 경제성을 확보 할 수 있다.

- 작업성고가 기계운전원의 기능에 좌우됨

비교적 작업능률이 낮고 전통적으로 실시해오던 인력작업 방식에 비해 작업능률이 높은 기계작업의 경우 작업원의 숙련도와 기능도에 따라 생산성의 차이가 심하고 이러한 원리에 의해 노동생산성이 높은 고성능 기계일수록 숙련된 작업원을 필요로 한다.

이러한 현상은 일반산업 분야가 자동화에 의해 대량 생산체제를 달성하는 것에 비해 임업에서는 기계화를 실시함으로써 지금까지의 미숙련 겸업노동의 상태에서 전업형 전문기능인을 확보해야 하므로 산림작업원의 기능훈련, 노무관리 정책 등에 더 많은 배려가 이루어져야 할 것이다.

- 노동재해 및 작업안전 대책 강화 필요

임업기계화는 중노동으로부터 작업원의 노동부담을 경감시켜 주지만, 작업속도가 빨라짐으로써 인력작업 보다도 사고의 강도가 더 클 수 있으므로 안전대책이 필요하다.

경사지에서의 차량형 장비의 미끄러짐이나 전복 등과 가선작업에 있어서의 안전사고 예방을 위해서는 작업안전이 경제성, 생력화 등 보다 앞선다는 관점에서 안전교육의 철저한 실시와 작업안전을 도모할 수 있는 조치를 취해야 할 것이다.

- 지리적인 불리성

임도시설의 미비로 산림작업이 이루어지는 현장이 아직도 오지(奧地)에 위치하여 작업 장소로의 장비의 수송, 작업원의 이동 투입 등에 있어서 불리한 점이 있고 작업 중 장비가 고장이 났을 때 부품의 조달과 수리, 정비가 곤란한 점이 있다. 또 작업규모에 따라 기계가 투입될 수 있는 작업 대상지가 제한을 받으므로 임도시설의 확장과 시업규모의 확대 및 집단화로 이러한 불리성을 극복하고 이동이 용이한 장비의 활용을 염두에 두어야 한다.

- 자연환경과 임지훼손 문제

대형기계의 임내 반입으로 인한 임지훼손이나 잔존 임분의 피해 등이 발생할 우려가 있으므로 장비투입 전에 적절한 작업로의 계획과 훼손을 최소화 할 수 있는 방법으로 작업로를 개설하고 현재 사용되고 있는 GMC 트럭을 차체규모가 작은 소형임내차 등으로 대체하여 작업로의 규격을 줄임으로써 임지훼손을 방지하여야 할 것이다.

특히, 가선장비에 의한 작업은 트랙터 등의 차량형 장비보다 임지훼손이 적으므로 토양침식의 우려가 있는 임지는 이러한 가선장비를 활용함으로써 임지훼손을 줄일 수 있다.