

## 일본에서의 농업용비닐의 사용 및 재활용 현황

후나츠 준지

히노마루합성수지공업주식회사

### Usage and Recycling of Agricultural Plastic Films in Japan

Funatu Junji

consultant

Hinomaru Synthetic Resin Industry Co., Ltd.

#### 요약

일본의 농림수산성은 「농업용 폐플라스틱」으로 호칭하고 있다. 연간배출량은 약 16 만톤에 이르고 있고, 이의 처리내용은 재생 38%, 매립 32%, 소각 11%, 등이다. 재생처리단계는 민간사업자가 기본으로, 처리내용은 일반적으로 PVC가 바닥재로써 쓰이고 PE가 서멀(연료)로써 쓰인다. 그러나 최근에 와서 비닐에 혼합되어 있는 이물질은 완전제거해 일정량의 버진과 배합함으로써 비닐을 반영구적으로 순환해 사용할 수 있는 기술이 개발되어 졌다. 이 싸이클시스템은 21 세기의 절약형사회에 적합한 것으로, 버진제품보다 저가에 공급되어 농업경영의 안정화에도 기여하고 있다. 한번사용한 농업용 생산자재를 회수해 다시 생산자재로서 활용, 끝없이 순환한다는 개념이 뒷받침하는 이기술은 향후 환경과 자원의 문제해결이라는 주목할 만한 가치가 있다.

주요어 : 절약형사회, 이물질 완전제거, 싸이클시스템, 농업경영의 안정

#### 1. 서론

일본의 농업용폐비닐의 처리문제는, 1970년 제정된 「폐기물처리 및 청소 관련 법률」에서 산업폐기물로 지정되어, 생산자로서의 농업자가 자신의 책임으로 적절히 처리를 행하도록 의무화되었다 (법제 3 조). 이것을 기반으로 하여 농림수산성은 1976년에 「농업용폐플라스틱의 적정처리체제의 강화에 대하여」라는 제목으로 하여 사무차관의명통달(事務次官依命通達)을 도도부현지사(都道府縣知事)에 시달되었다. 계속해서 1981년 식품유통국장명의로 「원예용 폐플라스틱의 적정처리 기본방침」이, 더우기 1995년에도 「원예용폐플라스틱의 적정처리에 관한 기본방침」이 발표되, 그후 「원예용」이 「농업용」으로 호칭을 개정, 협의회명도 「농업용 적정처리추진협의회」로 되어, 오늘에 이르렀다. 적정처리기본방침의 골자는 「도도부현단계에 도도부현적정처리협의회 및 시정촌(市町村)단계에도 같은 협의회를 설치하여, 그지역의 농업용폐비닐 배출실태에 즉시 적정한 회수, 처리등의 추진에 노력할 것」을 내용으로 되어있

다. 농립수산성의 임무는 협의회가 행하는 회수와 재생, 매립, 소각등의 처리를 분리하는 감독과 지도까지로 인식되어 있고, 다음 처리업자에게로 반송하기위해 운반업자에 넘긴 이후부터는, 폐기물처리법에 의거해 그처리가 환경청의 분야에 귀속하는 행정상의 분야조정이 행하여진다. 참고로 일본의 지방행정구분을 보면 도(都)>도(道)>부(府)>현(縣)>시(市)>정(町)>촌(村)으로 구성 되어있다.

처리에 드는 비용은 배출사업자가 부담하게 되어있는 원칙으로, 원칙으로서 농업자가 부담하는 구조가 되어있고, 시정촌, 농업협동조합이 일부조성하는 사례가 일반적이다. 그래서 비용부담이 더욱더큰 재생(물질재활용)이 기대하는데로 발전되어가지 않는다는 과제를 남기고 있다. 또, 사용된 비닐의 발생에서 최종처리까지의 행정체계가 농립수산성과 환경청에 양쪽에 걸쳐져있고, 더욱이 민간재생업자의 플랜트시설에 대한 나라의 보조장치가 제도화되어있지 않기때문에, 처리사업은 민간, 나라는 지도.감독이라는 행정구도에, 환경행정을 둘러싼 민간으로부터의 불협화음은 끝이없다.

폐기물처리법은 가정용쓰레기를 대상으로 구성되, 이줄기에 산업폐기물의 가치를 붙여 다시 작은가치로서 농업용폐비닐을 역어온 과정도있어, 업종별로 제정되어있는 리싸이클추진 법에의 적용에는 제외되어있다. 이러한 여러가지의 과제를 안고있으며도, 농업용폐비닐의 처리문제는 민간사업자의 노력으로 리싸이클 재품화를 향해 한발자국씩 진전하고 있다.

## 2. 농업용폐비닐의 배출, 회수, 처리의 현황과 과제.

일본에서의 「시설원예」라는 말이 사용되기 시작한것은 1960 년경부터이다. 농업자가 본격적으로 뛰어들게 된것은 쌀생산의 조정이 시작된 1970 년이후이다. 1965 년 10,000ha 였던 시설원에 면적은 1993 년에는 51,000ha 로 확대하였지만, 그후에 증가율은 저하되어지며, 2001 년에는 53,000ha 에 멈췄다. 이유는 농업자가 로령화로, 체력을 필요로 하는 시설원예로부터 멀어지기 시작한것이 큰원인 이었다. 시설원예의 96%는 비닐하우스이고 나머지는 유리하우스. 여기에 비가림시설, 터널을 합한 면적은 112,000ha 가 된다. 사용된 비닐의 배출량은 1993 년 193,200 톤을 피크로 매해 감소하여 2003 년은 177,462 톤까지 줄었다. 그중 염화비닐은 78,093 톤, 폴리에틸렌비닐은 87,651 톤을 점한다. 그리고 이통계는 2 년에 한번을 기준으로 조사되는데, 전회조사에 비교해 염화비닐과 폴리에틸렌비닐의 비율이 역전되, 폴리에틸렌비닐이 높아져있다. 피복면적중 60%가 멀칭비닐이고, 20%가 하우스용비닐로 되어있다. 처리내용은 염화비닐에 대하여 재생처리가 59.8%, 매립이 23.4%, 소각이 4.1%, 그외 12.7%. 폴리에틸렌은 재생처리 47.7%, 매립 22.9%, 소각 11.4%, 그외 18% 이다. 경향으로는 소각이 줄고 재생, 매립이 증가하였다. 단, 이 조사는 시정촌의 적정처리추진협회의 보고데이터로, 회수하여 모아둔 곳으로 부터 운반업자에 넘기는 시점에 것으로, 최종처리의 실제적인 숫자와는 거리가 있다고 보여진다. (다음 페이지의 그래프를 참조)

처리에 관한 사항중, 먼저, 회수는 적정처리추진협회의 사무국으로 되어있는 농업협동조합(JA 로 명칭)의 스탁야드에 농업자가 가져온다. 지역에 따라서 회수날자가 정해져있는 사례가 일반적이다. 사무국에서는 회수된 현물을 처리방법별로 종류를 나누어서 운반업자에

Table1. 일본에서의 농업용폐비닐의 배출현황

종별	1995年		2003年	
	수량	비율	수량	비율
PVC 비닐	112,402	60.1%	78,093	47.1%
PE 비닐	74,492	39.9%	87,651	52.9%
합 계	186,894	100.0%	165,744	100.0%

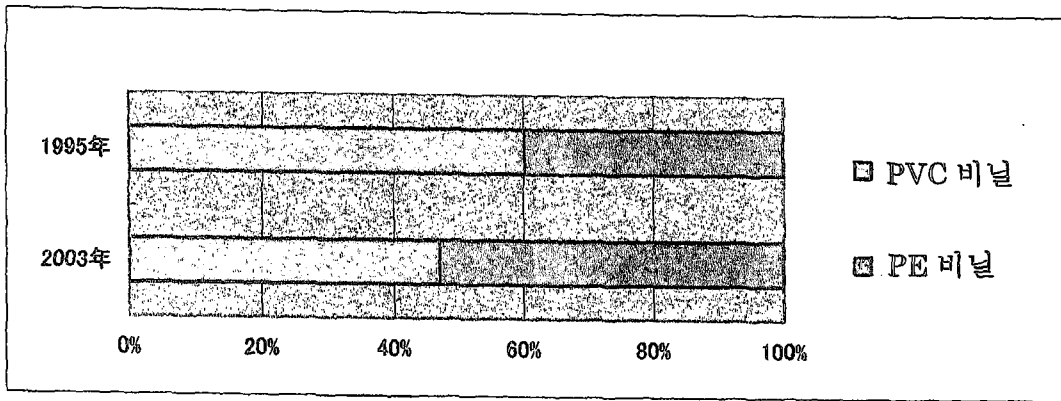


Fig. 1. 농업용폐비닐의 배출현황

Table2. 일본에서의 농업용폐비닐의 처리현황

처리방법별의 추이	년	재 생		매 립		소 각		그 외		합 계	
		수량	비율	수량	비율	수량	비율	수량	비율	수량	비율
PVC 비닐	1995年	50,786	45.2%	27,768	24.7%	21,060	18.7%	12,788	11.4%	112,402	100.0%
	2003年	46,693	59.8%	18,268	23.4%	3,224	4.1%	9,908	12.7%	78,093	100.0%
PE 비닐	1995年	1,878	2.5%	15,314	20.6%	50,449	67.7%	6,851	9.2%	74,492	100.0%
	2003年	41,824	47.7%	20,049	22.9%	9,987	11.4%	15,791	18.0%	87,651	100.0%
합 계	1995年	52,664	28.2%	43,082	23.0%	71,509	38.3%	19,639	10.5%	186,894	100.0%
	2003年	88,517	53.4%	38,317	23.1%	13,211	8.0%	25,699	15.5%	165,744	100.0%

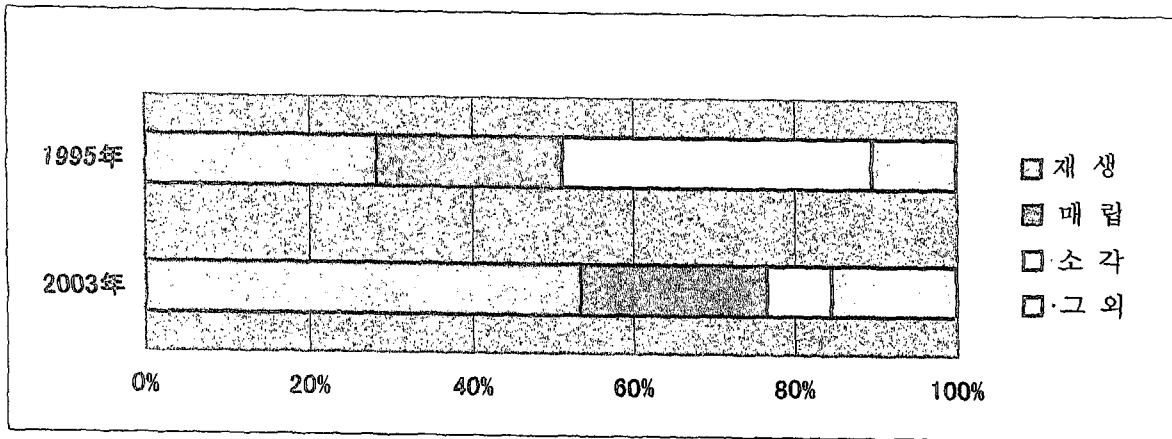


Fig. 2. 농업용폐비닐의 처리현황

주) 자료는 일본농림수산성 조사에 의함

게 넘긴다. 운반업자는 지정된 물질재활용, 사머리사이클, 소각처리, 매립처분등의 작업자에 반송한다. 다음은 처리료, 운반료는 입찰제도로 되어있다. 년 1 회, 적정처리추진위원회의 장소에서 처리사업자, 운반사업자가 입찰을 통하여 최저가격자가 낙찰된다. 운반사업자에게는 운반료, 처리사업자에게는 처리료가 지불된다.



Fig. 3. 농업자가 폐비닐을 회수, 농업협동조합의 스투야트로 지참.



Fig. 4. 농업자가 가져온 폐비닐을 계량후, 중량만큼의 처리요금을 부담.

여기에 관한 비용은 원칙적으로 농업자의 부담이 된다. 처리료는 킬로단가 하한 15 엔, 상한 30 엔정도로 지역차가 크다. 이것은 그지역에 있어서의 수요,공급관계와 처리비부담에 대한 농업자의 의식수준차에 의한다. 재생처리업자의 적정처리요금은 25~30 엔/킬로정도의 수준으로, 처리료의 디스카운트는 사업자의 경영을 압박, 작년만도 두회사가 사업을 철회하였다.

### 3. PE 비닐의 리사이클제품화가 시급한 과제

농업용 폐비닐의 물질재활용 방법은 두종류가 있다. 하나는 PVC 처리로써 염화비닐은 소각하면 유해한 염화수소가스가 발생하기때문에 원료화공정으로 가져가 마루재, 신발밀창의 원료가 되는 플러프, 펠렛으로 재생하는 성형업자에게 매각하여 제품화하는것이 일반적이다. 여기에 비해 PE, 즉 폴리올레핀계의 필름은 고형연료화, 유화, 발전연료등의외 벤치, 못, U 자하수로등의 재생원료로서 이용되고 있다. 일본에서의 처리해은 실적을 돌아보면 PVC 가 먼저 선행되어 왔다. 배출되는 비닐의양이 사용당시부터 압도적으로 PVC 가 많았고 PE 와의차가 좁아졌다고 하여도 1993 년도에도 PVC 57.5%, PE 42.5%의 상황이었다. 농업용 폐비닐이라면 PVC 의 가공처리를 가르켰다. 현재 일본국내의 재생처리사업자로서 지위를 확립한 곳은 PVC 가 주력으로, PE 분야에서는 서멀이 주가 되어있다. 그러나 최근몇년 필름의 이용및 사용에 변화가 일어나기 시작하여 2003 년도의 사용비는 PVC 가 47.1%로 저하하고 PE 는 52.9%로 상승해, 조사에 의하면 크게 역전하는 사례가 나오기시작했다. 농업자의 고령화와 PE 비닐의 내구성이 향상하여, 중량이 무거운 PVC 가 사용이 줄게된 원인이다. 이런 경향은 더욱 진전되어 갈것으로 예상되어지며 PE 의 재생가공기술의 개발이 최우선의 과제로 되어지고 있다.

## 4.비닐의 혼합이물질의 완전제거에 의한 반영구적(순환형)비닐의 리사이클제품 기술개발

### 4.1. 리사이클화 비닐에 도전하는 개념

농업용 폐비닐을 마루재등으로 가공하는 기술이 개발되어 30년을 경과했지만 일차사용한 비닐을 회수, 다시 비닐로 리사이클화하여 농업생산 자재로서 재활용한다는 기술이 개발된 것은 최근 몇년 사이의 일이다. 이기술은 이차, 삼차사용, 이론적으로는 반영구적인 재생이 가능하다는 특성을 가지고 있어, 자원절약형사회형성의 개념에 달한것으로 기술개발에 성공한 H사는 2001년 플란트를 도입해 2003년에 비닐화 완성, 실용화 라인을 형성하였다. 이회사의 사장은 1970년에 플라스틱재생원료전문회사를 설립하고 기업에서 배출되는 재료를 원료로 하여 펠렛화해 재생원료를 제조, 성형사업자에 제공하는 사업을 확립해 왔다. 이를 제휴하는 성형기업은 약 800개사에 달하여, 그중에는 필름제품을 사업으로하는 기업도 십여개사가 있다. 여기서 얻은 경험이 농업용 폐비닐을 재생제품화에 도전할수있는 기회가 되었다.

### 4.2. 플란트선택의 프로세스

문제는 비닐에 혼합되어 있는 흙,모래등의 이물질을 제거하는 플란트를 개발하는 것이었다. 일본의 상황에서는 제품에 이물이 한개라도 발견된다면 상품으로서 인정될수가 없다. 이런 까다로운 심사를 통과하지 않으면 안되고, 더욱이 버진제품과의 경합관계가 명백했다. 결국 플란트의 선택에 국내외로 선택의 폭을 넓히결과 이탈리아의 A사의 플란트가 희망하는 제품을 생산하는데 가장 적합하다고 판단하였다. 즉시 수입을 하여 운전을 시작하였지만, 고장에 의한 부품의 교환등으로 가동하지 않는 시간이 잦았고, 이위에 A사가 도산하는 일까지 겹쳐 회사자력으로 부품과 물처리시설까지 개발에 매달려, 사실상 H사의 개발플랜트로서 가동하게 되었다.



Fig. 5. 재생플랜트에 투입하기전 폐비닐을 PVC와 PE로 분리.

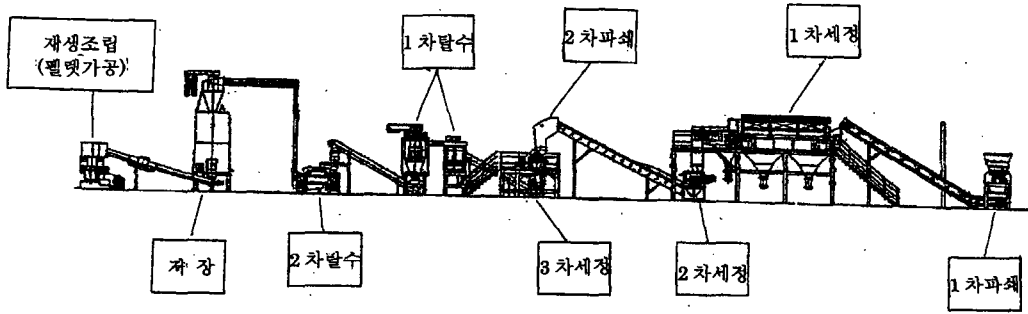


Fig. 6. 히노마루합성수지공업(주) 가와우치공장 「파쇄·세정플라ント」 레이아웃도

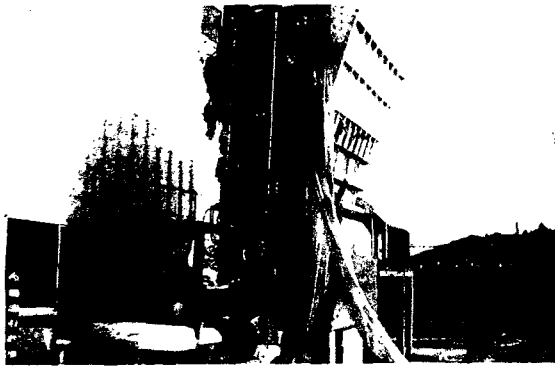


Fig. 7. 재생플라트의 1차파쇄기에 페비닐을 투입

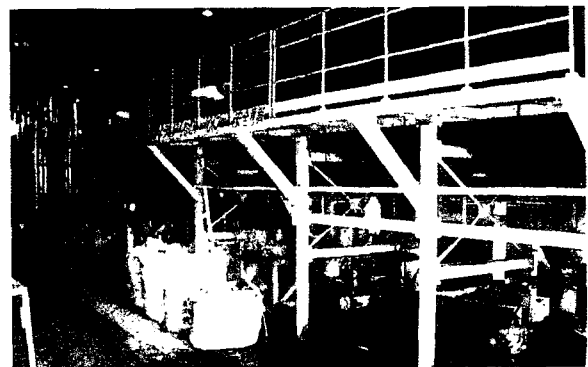


Fig. 8. 히노마루합성수지공업(주)의 재생플라트



Fig. 9. 재생플라트에 의한 2차세정후의 PE 플러프



Fig. 10. 재생플라트에서 생산한 PE 재생 원료(아구로무레이트)

### 4.3. 혼입이물질의 제거기술

혼입이물질제거원리는 세정공정에 있다. 세정은 제 3 차에 걸쳐 이뤄져, 제 2 차세정단계에서 99.9%까지 부착이물질의 제거가 가능하다. 흡파에 투입된 비닐은 함머크리셔로 플라프화해 내장된 특수기능으로서 씻겨진다. 2 차세정에서 플라프는 눈으로는 부착물의 식별이 불가능하다. 그러나 현미경을 사용하면 이물질을 발견할수 있다. 이것은 3 차세정라인에 거치는 과정에 의해, 더욱 순도가 높은 상태가 되어 펠릿가공단계로 넘어간다. 펠릿가공에 있어서는 멧슈라는 촘촘한 망을 사용하여, 이물질이 완전제거된 버진제품과 동일한 원료로 완성된다.

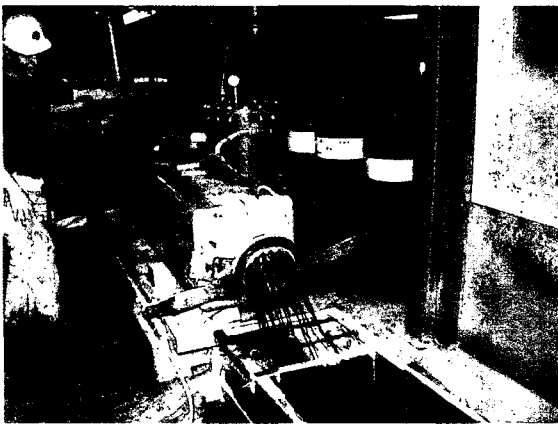


Fig. 11. PE 재생원료(아구로무레이트)를 펠릿가공



Fig. 12. PE 재생원료(펠릿)을 PE비닐로 가공

이원료에 버진원료를 혼합해 멀칭, 터널등의 비닐을 리사이클제품화한다. 제품화의 성공은 버진원료의 혼합비율에 달려있다. 히노마루합성수지공업이 무엇보다 고심한것은 이혼합비율이었다. 2년여의 연속되는 실험과 연구를 거듭한결과, 실용화제품이 완성되었다. 리사이클화된 비닐은 전국농업협동조합연합회의 농업기술센터, 공장소재지인 미야기현 농업종합시험장에서 멀칭자재적용테스트, 야마가타현 원예시험장등의 시험에서 모두 「현행품과 동일한 효과가 있음」의 평가를 얻었다. (평가결과는 첨부별지를 참조) 이를 기반으로하여 실용화로 전개해 농협(JA), 지방자치단체, 농업자에 PR 을 실시, 사용량이 서서히 확대되어 갔다.

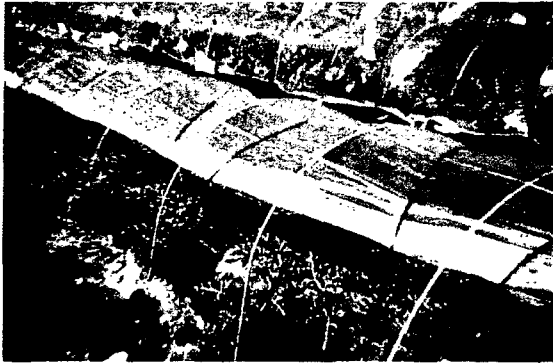


Fig. 13. PE 재생제품(멀칭.터널)을 사용한 수박재배

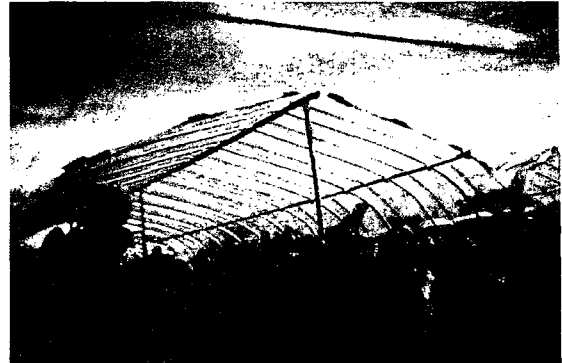


Fig14. PE 재생제품(비가림시트)를 사용한 포도재배

#### 4.4. 리사이클제품의 가격등

재생품비닐의 가격은 버진제품보다 15%정도 저가가 되어있다. 제품에 배합하는 버진원료는 재생제품에 따라 배합률등이 틀리지만 상한은 30%정도에 이르고 있다. 그래서 원유가격의 영향을 받는것은 배합되는 버진원료 부분에 한하므로 제품가격은 저절로 버진제품보다 싸게공급되어진다. 일본의 경우 세정등의 처리에 관한「처리비」는 농업자의 부담이 되도록 되어있어 원료입수에 대한 기업의 부담은 원칙적으로 불필요한 구조가 되어있다. 비닐의 재생품화를 실현한 히노마루합성수지공업은 이런 조직들을 더욱발전시켜, 「위탁가공방식」을 채용하고있다. 농업자로부터 무료로 인수하여 제품을 농업자가 구입할때 처리,가공비를 계산해넣은 가격으로 한다는 방법을 하고 있다.

### 5.과제

#### 5.1. 일본국내의 과제

일본의 경제발전 구조는 대량생산, 대량소비, 대량폐기라는 순환안에 성립되어 왔다. 그래서 버진제품생산부분에 영향을 부르게 되는 재생제품의 이용및 활용에 대하여 메이커, 판매사업자(예를들어 전국농업협동조합연합회)가 소극적이다. 자원절약에 대한 인식과 실제적인 경제활동에는 거리가 남아 있다.

#### 5.2. 기술의 과제

산업활동의 최종처분사업으로 여겨지는 리사이클사업에 있어서 최종처분사업인 「세정수」 처리문제는 당핵기업에서도 완성되어 있지않다. 사용량에 따라는 무해의 화학약품으로 처



리를 하고 있지만 이분야에 있어서의 연구는 더욱 진전되어 가지 않으면 안되는 과제를 안고 있다.

### 5. 3. 국제사회의 과제

농업용페비닐의 자원재활용은 글로벌화의 구도가 명확히 되어져왔다. 한국, 일본은수출국, 중국과 동남아시아의 나라들은 수입국. 21 세기에 있어서 지구자원의 절약형사회를 구축하기 위해서는 자원의 2 차, 3 차사용을 국제공용의 이념으로서, 무역상의 룰로 정하여 자원활용 기술개발의 공유화를 목적으로 해야하는 시대에 와있다.

#### 참고문헌

1. 사용된 플라스틱의 배출처리현황 (2002. 7. 1~2003. 6. 30 의 실적) -농림수산성조사
2. 중국 재생자원 고급포럼 회의자료 (2004. 12. 17)
3. 폐기물의 처리및 청소에 관한 법률 (1970. 12. 25)
4. 폐기물의 처리및 청소에 관한 법률시행령 (1971. 9. 23)

참고자료.

재생멀칭성능확인시험(전문번역)

1. 목적            재생멀칭의 옥수수재배에 있어서 재배적응성을 확인한다.
2. 실시기간       2002년 6월~8월
3. 실시장소       영농기술센터 생산자재연구실 이세하라바농장
4. 시험내용

(1) 공시샘플 시험품 및 대상품으로의 폴리멀칭 1종류의 계 2종류. (표 1)

표 1 공용샘플규격표

메이커	품명	색	규격	비고
히노마루합성수지공업	에코카인도리[하나코]	검정	0.02mm×135cm×200m	도쿄지소의뢰
삼선가공	쿠미아이농업포리	검정	0.02mm×135cm×200m	대상품

(2) 공시작물 옥수수, 품종 : 하니반탐일대교배 스위트콘

(3) 배양개요   작업내용은 표 2, 재배양식은 그림 1 과 같이하여 밭에서 재배하였다.

표 2 작업구분 및 작업내용

작업명	작업내용
구획정리	5월 22일 실시
비료주기	5월 27일 실시, 인가안 555 23kg, 구토칼 23kg, 퇴비 460kg
트랙터이전	5월 28일 실시
밭이랑 위치결정	5월 29일 실시
다이아지는 살포	밭이랑 세우기전 살포
밭이랑 세우기	5월 29일 실시
멀칭비닐 덮기	6월 4일 실시
멀칭비닐 구멍뚫기	6월 4일 실시, 멀티호러로 주간 25cm의 간격이 되도록 하였다.
정식	6월 5일 실시
약제살포	네킬톤, 트레봉유산 1000 배, 스미치온 1000 배
비료추가	NK2 호, 한이랑당 100g

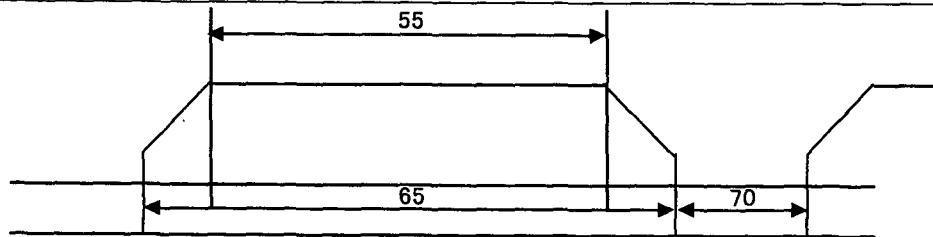


그림. 옥수수재배시 이랑의 단면도

## 5. 시험결과

### 1. 생육조사(제 1 회 7 월 3 일, 제 2 회 7 월 28 일 실시)

#### (1) 성장높이

시험품은 농업용폴리비닐과 비교해 동등하다.

#### (2) 엽록소농도

1 회조사에서는 농업용폴리비닐보다 약간 떨어졌지만 2 회시점에는 농업용폴리비닐과 동등했다.

#### (3) 암이삭 출수율

시험품은 농업용폴리비닐과 동등하다.

### 2. 수량조사(8 월 14 일 실시)

#### (1) 과실장

시험품은 농업용폴리비닐과 동등하다.

#### (2) 과실경

시험품은 농업용폴리비닐과 동등하다.

#### (3) 신선중

시험품은 농업용폴리비닐과 비교하여 10%정도 낮았다.

### 3. 멀칭비닐내 온도

측정기간중, 시험품의 지온은 농업용폴리비닐과 비교하여 동등했다.

### 4. 고찰

시험품은 덮을시 및 덮어놓은 기간중에 회손되지 않고, 생육과 취량, 지온에 대하여 대조품인 폴리멀칭비닐과 동등했다.

이상