

최 종
연구보고서

숯을 활용한 신소재 포장재, 농업용 자재,
건축용 복합체 제품 개발

Development of Charcoal Containing New
materials for Produce Packing , Agricultural
supplies, and Building Composites

연구 기관

충남대학교

농림부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “숯을 활용한 신소재 포장재, 농업용자재, 건축용 복합체 제품 개발”
과제의 최종보고서로 제출합니다.

2004년 9월 17일

주관연구기관명 : 충남대학교

총괄연구책임자 : 이 화 형

세부연구책임자 : 전 양

연구 원 : 서 영 범

연구 원 : 이 종 석

연구 보조원 : 조 윤 민

연구 보조원 : 박 한 상

연구 보조원 : 전 태 훈

연구 보조원 : 강 현 구

연구 보조원 : 황 선 애

연구 보조원 : 한 동 혁

연구 보조원 : 하 인 호

연구 보조원 : 김 현 준

연구 보조원 : 이 춘 한

협동연구기관명 : 진주국체대학

협동연구책임자 : 문 중 욱

연구 보조원 : 조 재 두

연구 보조원 : 김 리 라

연구 보조원 : 서 은 아

연구 보조원 : 손 성 훈

요 약 문

I. 제 목

숯을 활용한 신소재 포장재, 농업용자재, 건축용 복합체 제품개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

가. 연구개발의 목적

숯의 특성을 활용하여 숯목질재료특수컴포지트 및 숯종이를 개발하여 큰 용도로는 박물관의 수장고용특수제품, 건강과 주거환경 개선을 위한 건축용특수재료로서 작은 사이즈로서는 선도유지용 골판지 상자, 식품포장상자나 유물보관상자의 용도로 사용할 수 있도록 제조공정과 설계 및 그 특성을 각각 구명하고자 하며 또 한편으로는 농업업인을 위한 과수봉지, 멀칭지를 개발하여 그 적정제조방법을 확립하고 특성을 구명하고자 한다.

나. 연구개발의 필요성

1) 기술적 측면

우리나라는 옛날부터 전통적으로 숯을 활용하였다. 목재가 탄화된 것을 숯이라 하며 탄소가 80-90%이고 PH가 8-9로서 알카리성이며 내부표면적이 약 300cm²/g이나 되는 다공성 목질계 탄소재료이다. 이러한 숯은 출토되는 고분 속에 예외 없이 숯이 발굴되었고 삼국사기에 신라시대 경주사람들은 숯으로 밥을 지었다는 기록이 있다. 이집트의 피라미드, 일본과 중국의 고분에도 숯이 나왔고 숯 층이 상당한 두께로 분실을 에워싸고 있으며 1972년 발견된 중국 호남성의 고분은 약2500년정도 되는데 숯이 약 5톤정도 나왔고 매장된 시신은 거의 완벽한 미이라 상태였다고 한다. 이와 같이 숯은 연료 이외에 최근에 환경친화형 도양개량제, 가축 및 양어용 가축사료첨가제, 의약용으로 지사제, 해독제, 공업용으로 활성탄제조로 정수용, 정수기 필터, 침전용, 흡착제등으로 사용되고 있을 뿐만 아니라 기타 용도로 화장품첨가물, 냉장고와 자동차의 탈취제, 공기정화제, 설탕의 표백제, 도로표시등의 야광제, 동해예방의 제설제등으로도 사용되며 음이온과 흡착성, 원적외선 효과와 항균 탈취효과 및 과채류 신선도 유지등 그 용도는 매우 다양하다. 그러나 전통적 탄소재료인 목탄의 이용으로부터 첨단탄소재료인 탄소섬유와 그래파이트, 카본블랙, 활성탄 등에 이르는 용도개발에도 불구하고 중간제품인 Wood ceramics의 용도개발과 숯의 특성을 살린

새로운 신소재제품개발과 용도개발이 절실히 필요하다. 특히 박물관의 수장고는 전시하지 않는 유물들을 보관하는 창고의 내장재로서 Eo의 폼알데히드 방산량 규격을 만족시켜야 되며 조습성능이 뛰어나고 온습도조절을 위한 공조시설의 유지비가 적게 들도록 하고 유물보관상태가 양호하도록 하여야 한다. 이를 위한 수장고용 특수 제품제조를 위하여 현재 일본에서 사용되는 목질재료제품보다 숲의 특성을 사용한 숲목질재료특수컴포지트를 개발하면 그 성질은 아주 대단할 것이다. 또한 이것은 건강과 주거환경 개선을 위한 건축용 특수재료로서 숲의 보수 통기 흡착 축열성을 비롯하여 나쁜 냄새, 유해개스를 흡착하여 공기정화작용을 하고 원적외선과 음이온을 방사하고 진동 소음방지 및 전자파 및 유해파장까지 차단하며 2차 오염을 발생하여 혈액순환과 심신대사를 촉진하고 심신안정과 스트레스를 해소하는 건축용 특수재료로서 사용할 수 있을 것이다. 또한 음이온과 흡착성, 원적외선 효과 및 항균 항곰팡이 효과등을 나타내어 포장내용물의 신선도를 유지하여주므로 식품등 포장상자나 작은 유물 보관상자라도 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

따라서 본 연구는 숲의 특성을 활용하여 숲목질재료 특수컴포지트를 개발하여 큰 용도로는 박물관의 수장고용특수제품, 건강과 주거환경 개선을 위한 건축용특수재료로서 작은 사이즈로서는 식품포장상자나 유물보관상자의 용도로 사용할 수 있도록 제조공정과 설계 및 그 특성을 각각 구명하고자 한다.

또한, 숲을 섬유에 충전시키는 제조공정을 개발하고, 선도유지용 골판지상자를 제조하여 그 특성을 연구하고 과수봉지 및 멀칭지를 제조하여 토양개량의 효과 및 농가 소득에 기여하고자 한다. 선도유지용 골판지상자에 과수를 보관 이동할 때 예상되는 효과는 과수의 장기보관 및 이동시 발생하는 온도와 습도에 의한 과수의 부패를 예방·감소시키는 것이다. 이에 앞서 과수를 재배할 시에는 과다한 농약을 사용하지 않고 과수의 병충해를 예방시킬 수 있다는 장점이 있을 것으로 판단된다. 기존에 사용된 과수봉지또한 병충해를 방지하는 효과가 있지만 숲을 이용한 과수봉지는 단순한 병충해 방지효과 뿐만아니라 과수의 선도를 유지시키는 효과를 보일 것이다.

더불어 숲을 활용한 친환경적인 건축신소재의 표면코팅 재료개발을 통해 아파트 및 주택의 질적인 생활개선은 물론 기존 건축내·외장재로 사용되고 있는 석고보드의 대체 제품으로써 개발되어, 숲의 활용도 증대, 농가의 소득증대 뿐만 아니라 고부가가치의 대량생산으로 내수 및 수출시장에 일조할 것임은 틀림이 없을 것이다. 이는 현재 국내외에서 개발사례가 없을 뿐만아니라 개발될 제품의 특성이 자연환경 친화적이며, 인체의 생체리듬에 유익한 복합기능성을 지닌 제품으로써, 하루의 절반 이상을 건축물 내부에서 생활하는 전 국민의 건강증진에도 획기적 기틀을 마련해 줄 것으로 판단된다.

2) 경제·산업적 측면

국내 목재산업의 가장 큰 어려움은 목재 및 목질가공품의 95%를 수입에 의존한다는 사실이다. 목질 원료 절대 빈곤의 처지에 놓여 있는 국내 목재산업의 당면과제는 첫째로 가능한 한 국내 섬유대체재 개발과 국내 자원의 효율적인 이용을 도모하는 방법과 둘째로 새로운 제품개발과 특수한 성능향상을 도모하는 수밖에는 다른 방법이 없다.

현재 박물관의 수장고용 제품은 일본에서 구입하여 사용해 오다가 신축되는 중앙박물관은 국산으로 현재 납품예정 중이다. 현재 사용되는 비중이 비교적 낮은 섬유판의 컴포지트 제품을 숲의 특성을 활용하여 숲목질재료특수컴포지트를 개발한다면 박물관의 수장고용특수제품은 물론 건강과 주거환경 개선을 위한 건축용특수재료로서 또한 식품포장상자나 유물보관상자의 용도로도 널리 사용할 수 있을 것이다. 현

재 포장산업규모로서 5대재료의 하나인 목재의 경우 최소 100억 규모가 될 것이고 건축용 목질재료시장은 대략 1조 2000억이 되는데 이중 최소10%만 잡아도 1000억 시장이 가능하다.

또한 1970년대부터 일본에서는 환경농업, 무공해농업의 가능성을 기반으로 일본 전국에 확산되고 있으며, 한국에서는 1992년 한국농림자원연구소를 중심으로 본격적으로 농가에 보급되게 되었다. 그러나 과학적인 규명이나 체계적인 연구는 일본에서 활발히 진행되고 있으며, 우리나라에서도 이미 수백년 전부터 조상들의 지혜로운 농사방법을 기반으로 숲이나 재를 많이 이용하여 왔다. 숲의 기능중 하나로서 우리의 전통방식으로 농업자재로 일종의 토양개량제로 사용하여 왔다. 또한 나무를 연료로 하지 않는 지금은 필요없는 잡목, 목재폐기물, 건축폐기물이 엄청나게 버려지고 있다. 이러한 버리는 자원을 이용하는 방법이어서 매우 경제적이기도 하며 이러한 자원을 이용하여 선도유지용 골판지상자, 멀칭지, 과수봉지등의 농임업인을 위한 고부가가치의 신소재를 개발한다면 국내 자원의 효율적인 이용뿐만 아니라 환경적측면이나 경제·산업적 측면에서도 지대한 역할을 담당할 것이다.

숲을 이용한 골판지 상자나 과수봉지를 제조하여 얻을 수 있는 경제·산업적 측면을 살펴보면 우선 적은 농약을 이용하여 질 좋은 과수가 재배되면 원가가 절감될 수 있고 또한 소비자측면에서도 적은 농약으로 재배된 과수를 선호하게 되어 경제성이 있으리라 예상된다. 판매시 숲 골판지 상자에 숲 과수봉지에 쌓여있는 과수를 담아 판매하게 되면 더 큰 효과를 볼 것이라 예상된다.

또한, 국내 단독주택 및 아파트와 같은 공동주택은 대부분이 시멘트 콘크리트 재료로 사용되고 있지만, 이 재료는 화학적 독성이 있어, 처음 지어진 건축물에서는 인체에 악영향을 미치는 요인이 매우 많다. 이에 최근 환경친화적인 아파트 개념이 자리잡고 있고, 같은 맥락에서 본 표면코팅 재료의 제품개발은 주택의 주거환경 개선은 물론, 시멘트 제품과 같은 독성을 원천적으로 차단할 수 있는 큰 효과가 있을 것이므로 건설경기 활성화에 일조하리라 판단된다.

3) 사회·문화적 측면

현재 인류는 엄청난 환경파괴 앞에서 인간의 생명과 건강이 위협받고 있다. 이러한 환경문제는 의식주, 특히 인간의 주거문화에 관련된 주거환경재료와 밀접한 관련이 있다. 이미 주거환경재료와 관련해서 일본의 사이토, 다케무라(1985, 1986)등의 연구결과에 의하면 갓 태어난 쥐의 사육과 성장 및 환경적응실험에서 시멘트, 금속, 플라스틱과 비교할 때 목질은 생체 친화적인 우수성을 보여주고 있는데다 하물며 숲의 특성을 살린 숲목질재료의 컴포지트는 박물관수장용재료 뿐만 아니라 주거환경재료로써 또한 포장재료로서도 매우 우수하여 결과적으로 국민건강에도 지대한 공헌을 하게 될 것이다.

이는 국한적으로 농가의 소득증대 뿐만아니라 고부가 가치의 대량생산으로 내수 및 수출시장에 일조할 것이며, 본질적으로 인체의 생체리듬에 유익한 복합기능의 신소재가 개발되어 국가 경쟁력에 매우 큰 역할을 담당할 것으로 본다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

1차년도

1. Wood ceramic 기법을 활용한 탄소보드의 신제품 제조
2. 숯과 목질요소 비율에 따른 적정조건 구명
 - 목질요소:숯=1:0.1, 0.2, 0.4, 0.6
3. 숯과 목질요소의 혼합보드 제조조건 구명
 - 열압조건에 따른 효과 구명
4. 제품의 물리·기계적 성질 구명
 - 밀도, 함수율, 흡수율, 두께팽윤율, 굽음강도, 박리강도 등
5. 원적외선 방사율 측정, 포름알데히드 방산율 측정
6. 숯골판지 제조조건 적정비율 구명 및 제품의 물리·기계적 성질 조사
 - 강도적 성질 조사, 에틸렌가스 흡착연구
7. 재료의 요구성능 만족기준
 - 물리적 특성 만족기준 : 비중, 비표면적, 흡수율, 단위용적중량 등의 표준치 결정
 - 역학적 특성 만족기준 : 강성, 단열성, 열전도율, 표면강도, 내수성, 내화성 등의 표준치 결정
8. 내화성 표면코팅재 선정/물성평가
 - 접합강성 평가, 흡착 및 함수성능 평가, 마감성능 평가
9. 표면코팅재의 개발/시방서 제정
 - 응결/경화 프로세스 연구개발, 경화후 미세균열 처리기술, 내구성 유지평가 (내후성, 난연성)
 - 1, 2차 피복처리 및 열처리 기술연구

2차년도

1. 탄소보드 신제품과 합판과의 컴포지트 개발
2. 탄소보드 신제품과 합판과의 컴포지트 공정개발
3. 합판의 적정 중공 면적 구명
4. 합판의 적정 공구 직경 구명
5. 탄소보드 신제품과 합판과의 컴포지트 적정 제조조건 구명
6. 제품의 물리·기계적 성질 조사
 - 밀도, 함수율, 흡수율, 두께팽윤율, 포름알데히드방산량, 탈취시험, 흡음율, 열전도도, 비인열도, 비파열도 등 측정
7. 숯과수봉지 및 숯말칭지 제조
 - 제조조건 구명 및 제조조건에 따른 물성변화분석

협동연구과제(숯처리표면코팅기술개발)

1. 접합방법 제안
 - 1안 : 기포성 단열재(개발된 친환경/재활용으로 개발된 표면코팅재료)
+ 주재료 + 기포성 단열재
 - 2안 : 표면코팅재료 + 주재료의 혼합믹싱(혼화제 첨가 방안)
2. 보양/양생조건 제안
 - 고온고압 증기양생, 습윤양생, 기건양생의 3가지 조건 비교/평가후 성능만족안 설정

3. 혼합재료의 기능성 평가 실험
원적외선의 온열보온·절전 효과, 전자파 차단효과, 음이온공급 효과 차이점
비교평가

3차년도

1세부과제(건축재,포장재)

1. 탄소보드신제품과 파이버와의 컴포지트 개발
2. 탄소보드신제품과 파이버와의 컴포지트 공정개발
3. 파이버의 적정 중공 면적 구명
4. 파이버의 적정 공구 직경 구명
5. 탄소보드 신제품과 파이버와의 컴포지트 적정 제조조건 구명
6. 제품의 물리·기계적 성질 조사
밀도, 함수율, 흡수율, 두께팽윤율, 포름알데히드방산율, 탈취시험
굽힘강도, 박리강도, 흡음율, 열전도도, 굽힘강도 등

2세부과제(포장재, 멀칭지)

1. 원예작물에 대한 숯과수봉지 및 멀칭지의 식물적용시험
2. 과수봉지의 적용시험

협동연구과제(숯처리표면코팅기술개발)

1. Mock-up Test
 - 내화실험 실시(방재시험 연구소)
 - 내구성능 실험(건자재시험연구소)
 - 활성탄 고형화 및 표면코팅재의 접합성능 실험(건자재시험연구소)
 - 굽힘강도 및 함수성능 실험
2. 성능평가/비교분석
3. 건축물 설계 Guide Line 제시

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

가. 연구개발결과

1. 1세부과제

가) 1차년도 연구결과 요약

1) Wood ceramic 기법을 활용한 탄 소보드의 제조

Wood ceramic 기법을 활용한 Clay-Wood ceramic탄소보드의 제조는 400℃, 600℃, 800℃에서 모두 성공적으로 제조되었으며 탄화온도 800℃에서 제조된 탄소보드의 경우 흡습율, 열전도율, 전류도, 휨강도, 휨탄성계수, 에틸렌가스흡착, 원적외선방사율등에서 가장 우수한 물성을 나타냈다. 특히 제탄시 콘트롤의 체적수축은 52%로 수축하는데 비하여 Clay첨가는 약 32%밖에 안줄고 탄소보드제품의 흡수시에도 두께 팽윤율이 1.8%밖에 안되어 치수안정이 매우 높았다. 에틸렌가스흡착율, 원적외선방사율등에서도 굴참나무백탄과 같은 효능을 나타냈다. 결론적으로 제탄시 발생하는 휨, 갈라짐이나 터짐이 없이 기존의 Wood ceramic제법에서의 페놀수지함침량을 반 이하로 줄일 수 있었다.

2) 숯과 목질요소의 혼합보드 공정 개발

숯-목질요소(섬유)혼합보드의 제조는 성공적이었으며 혼합되는 숯의 크기는 에틸렌 가스 흡착력, 휨강도등을 고려하여 보면 100200mesh가 더 우수한 물성을 나타냈다. 본 실험결과 숯과 목질요소의 적정혼합비는 목질요소:숯=8:2, 6:4가 가장 이상적인 결과를 나타냈다.

나) 2차년도 연구결과 요약

1)탄소보드 신제품 개발과 합판과의 컴포지트 공정개발

2차년도에는 기존의 탄화로나 연속식 탄화로에서 제조된 탄화물을 적절한 크기로 가공 조정하여 비포름마린계 접착제를 활용하여 가스흡착 등 숯의 성질을 그대로 살린 기능성숯보드를 제조 개발하고 합판과의 컴포지트도 100%성공시키는 공정을 개발하였다. 첫째로 비포름알데히드계 접착제로서 수성비닐계접착제 및 이소시아네이트계 접착제를 사용하여 유기용매 또는 포름알데히드방산문제를 해결하고 둘째로 숯의 기능을 살리기 위하여는 가능한 한 적은 접착제 첨가량으로 우수한 숯보드를 제조하여야 하며 숯파티클의 크기에 따라 접착제 배합조건과 공정의 차가 생기므로 숯파티클의 적정크기를 구명하였다. 목재파티클과는 달리 접착제배합조건에서 보통 목질재료의 9-14%대의 함수율 범위의 건식포밍과 열압방식으로는 숯보드 제조 자체가 안되거나 되어도 고품질의 제품이 제조되지 않으므로 포밍공정에서 수분을 20-60%로 조절하여 그 중 가장 우수한 최종함수율조건을 구명하여 포밍하고 열압시 수증기제거단계를 포함한 3단계열압공정을 사용하여 기능성숯보드 및 기능성활성탄보드 제조기술을 개발하였으며 건식열압공정이 가능한 숯파티클의 범위를 구명하였다. 또한 숯보드의 흑색표면을 그대로 건축내부에 활용하기는 미관상 좋지 않으므로 숯의 기능을 그대로 유지한채 아주 얇은 활엽수 환공재 단판을 오버레이하거나 유공합판을 복합화하여 건축내장재나 포장재로서 사용할 수 있도록 컴포지트 공정을 개발하였다.

2) 탄소보드 신제품과 합판과의 컴퍼지트 적정제조조건 구명

숯의 기능을 그대로 유지하도록 적정제조조건을 구명하였다. 초산비닐수지에말준과 메칠디아소시아네이트수지 등을 각각 단독 또는 혼합하여 접착제로 사용하여 아주

얇은 활엽수 환공재 느릅나무단판(두께 0.22mm, 단판공극율 26.9%)을 숯보드의 흑색표면 위에 오버레이한 단판 오버레이 기능성숯보드를 개발 성공하고 유공합판 또는 무늬단판 표면유공합판(적정유공면적율 25%)을 숯보드 위에 표면재로 복합화하여 숯의 성질을 그대로 나타내는 장식용 기능성숯보드유공합판복합재료를 개발하는데 성공하였고 숯-목질섬유혼합보드의 경우도 상기와 같은 단판오버레이로 숯기능을 그대로 유지한 미장숯목질혼합보드를 제조하는데 성공하였다.

다) 3차년도 연구결과 요약

1) 탄소보드 신제품과 파이버와의 컴포지트 공정개발(기능성 섬유상 물질 오버레이 숯보드제조)

3차년도에는 숯의 특성을 살린 숯보드가 표면이 흑색이므로 주거환경에 사용시 미적 장식효과가 떨어지므로 숯보드의 표면에 인쇄된 무늬박엽지(Pattern Thin Paper, 평량:1535g/m², 종이두께:0.04mm)나 화학섬유부직포포장지(평량:30g/m², 종이두께:0.12mm, 공극율:39.3%)를 폴리비닐초산수지에말존(불휘발분:42%, 도포량:80160g/m², 가열온도:100130℃, 가압력:10kg/cm², 열압시간:2분)으로 오버레이하여 숯(백탄) 자체보다 가스흡착효과가 높고 오버레이하지 않은 숯(백탄)보드와 동등한 기능을 나타내는 기능성섬유상물질오버레이숯보드를 제조 개발하였다.

2) 탄소보드 신제품과 파이버와의 적정 제조조건 구명(인체친화형주거용 숯 목질이 종재료 복합구조의 공기유입구 구명)

숯의 기능을 유지하는 복합구조의 공기유입공극구조에 관련한 공기유입구의 적정 비율을 구명하였다. 복합구조로서 표면은 목재 및 목질재료를 배치시켜 목재의 자연미와 장점을 살리고 뒷면에 숯보드(활성탄보드) 또는 숯 충전상자를 배치하되 숯의 기능이 전혀 떨어지지 않도록 목재 및 목질재료와 숯 및 활성탄보드 또는 숯충전상자와의 복합구조 간의 이음방법은 슬라이더식(Slider Model), 루버식(Louver Model), 사이딩식(Siding Model)을 사용하여 목재 및 목질재료와 활성탄충전상 복합구조의 숯의 성질을 나타내기 위한 공기유입공극구조에 관련한 공기유입구의 적정 비율을 2.55%로 하는 공기유입구의 적정비율을 구명하였다.

3) 백탄보드 과일상자의 보관성 효과

기능성 섬유상물질 오버레이 숯보드 제조에서 규명된 백탄보드의 성질(에칠렌가스 흡착능력)을 활용하여 백탄보드의 표면성을 개선하기 위하여 박엽지와 부직포를 오버레이 처리한 기능이 있는 과일포장용 상자를 제작하여, 식물의 성숙호르몬으로 알려져 있는 에칠렌가스 흡착성능을 측정하고 딸기의 보관성을 측정하여 그 유지·효과를 구명하였다.

4) 백탄보드의 장기간 반복시 에칠렌가스 흡착 능력 시험(계획 외 연구)

지금까지 제조된 숯보드의 에칠렌가스 흡착 성능은 24시간에서 48시간 정도의 단기간의 효과만을 측정하여 그 효능을 검토하였다. 그러나 주거환경에 사용되는 건축재료로서의 효능은 오랜기간에 걸쳐 그 효능을 발현하여야 하므로 계획에는 없었으나 추가로 제조된 숯보드와 오버레이 숯보드의 장기간 반복 가스흡착 능력시험을 실시하여 측정·검토 하였다. 또한 과제 종료일 이후에도 3년간 지속하여 검토할 예정이다. 에칠렌가스흡착시험은 실험실내에 방치하여 계속 주거환경과 마찬가지로 조건으로 주거환경재료로서 봉사하도록 하였다. 그리고 흡착기능을 측정할 때 마다 다시 별도로 10~20ppm의 높은 농도의 에칠렌 가스를 투여하여 흡착기능을 검토하였다.

2. 2세부과제

가) 1년차 연구결과 요약

1) 솟을 이용한 라이너보드의 개발

본 연구는 기존첨가함으로서 어떠한 추가적 기능을 부가할 수 있는 지를 규명하는 연구이며, 일반 과수 혹은 전자제품 포장재로서의 가능성을 규명하는 연구이다. 특별히 골판지는 습도에 의한 변화가 가장 큰 재질이므로 습도에 대한 연구가 중요하고, 과수, 채소류 포장을 위한 에틸렌 가스흡착 성능, 솟 첨가에 의한 강도적 성질의 저하정도를 규명해야 한다. 본 연구에서는 이에 대한 연구를 모두 완성하였다. 또 일반 포장재로서 에틸렌가스가 문제시되거나 정전기가 문제시되는 제품의 포장을 위하여 이에 대한 실험을 실시하였고 완성하였다.

나) 2년차 연구결과 요약

1) 절화카네이션에서의 솟코팅포장재제조 및 적용실험

2차년도에서는 먼저 선도유지 포장재를 제작 및 실험하였다. 일단 화훼류중에서 카네이션을 선택하여 저장실험을 실시하였다. 그 결과 장기간 저장후 꺼낸 카네이션의 경우 솟 코팅지를 사용한 포장재의 경우 카네이션의 신선도 유지시간이 약 2배 정도 유지되는 결과를 나타내었다. 솟 과수봉지의 경우 과수봉지에 적용될 수 있는 솟 포장재에 대한 면밀한 검토 후에 과수 한가지 종류를 선택하여 그 과수에 맞는 과수봉지를 제작하고 실험을 실시하였다. 본 연구에서는 배를 선택하였으며, 과수봉지를 제작하고 감천배와 신고배에 적용하였다. 최종결과는 수확후에 나올 예정이다. 솟 멀칭지는 제작 완료하였으며 2003 연도 가을에 가을 감자에 적용할 예정이다. 본 연구에서 실제 작물에의 적용은 원래 계획서에 3차년도에 예정되었으며, 농업작물의 특성상 2차년도에 실시해야 결과가 나올 수 있는 것들을 미리 실시함으로써 과제진행에 차질이 없도록 하였다.

2) 솟코팅 과수봉지의 개발

2차년도에서 본 연구과제는 일차년도에 개발된 솟을 활용한 종이제품들을 용도에 맞게 제작하여 실제로 적용하거나 적용준비를 하게 되어있다. 솟을 활용한 종이제품은 에틸렌 흡착성이 매우 뛰어난 특성을 가지고 있으며 종이의 강도적 성질에 큰 변화를 주게된다. 솟을 코팅한 종이는 강도적 성질에 매우 우수한 특성을 보인다.

다) 3년차 연구결과 요약

1) 슛코팅과수봉지의 배 적용실험

3차년도에서 본 연구과제는 2차년도에 제조된 슛코팅을 활용한 종이제품들을 용도에 맞게 제작하여 실제로 적용하여 분석하기로 되어있다. 슛을 활용한 종이제품은 에틸렌 흡착성이 매우 뛰어난 특성을 가지고 있으며 종이의 강도적 성질에 큰 변화를 주게된다. 슛을 코팅한 종이는 강도적 성질에 매우 우수한 특성을 보인다. 3차년도에서는 먼저 선도유지 포장재를 제작 및 실험하였다. 먼저, 슛 과수봉지의 경우 과수봉지에 적용될 수 있는 슛 포장재에 대한 면밀한 검토 후에 과수 한 가지 종류를 선택하여 그 과수에 맞는 과수봉지를 제작하고 실험을 실시하였다. 본 연구에서는 배를 선택하였으며, 과수봉지를 제작하고 감천배와 신고배에 적용하여 슛코팅배봉지의 실용화를 확립하게 되었다.

2) 슛멀칭지의 감자 적용실험

스� 멀칭지는 제작완료하여 2004 년도 봄에 봄감자에 적용하였으며, 수확후의 봄감자의 품질과 슛코팅 멀칭지의 분해효과등을 분석하여 실용화 가능성을 구명하였다.

3) 슛코팅포장재의 바나나, 방울토마토 저장실험

저장-유통 중의 과수의 저장기간을 연장하기위해 슛코팅포장박스를 이용하여 바나나와 방울토마토의 저장효과를 측정하여 과채류의 저장기간을 연장할 수 있었다.

3. 협동연구과제

가) 1년차 연구결과 요약

재료의 요구성능 만족기준연구 및 내화성 표면코팅재 선정/물성평가, 표면코팅재의 개발/시방서 제정을 완료하였으며 표면코팅재와 주재료와의 접합부 상세설계 제안 및 표면코팅재의 보양/양생조건 제안, 코팅재료와 심재(스�)의 혼합제품의 바이오 유지효과 검토를 위한 연구의 적정 재료선정을 완료하였다.

나) 2년차 연구결과 요약

기 선정된 표면코팅재료의 단점개선 및 보안에 대한 다양한 재료의 선택으로 연구의 진행을 심도 있게 진행하였으며, 황토와 바텀애쉬를 첨가한 표면코팅재료에서 재 활용 및 친환경 및 무독성을 지닌 다공성 재료 첨가하는 방법을 선택하였다. 그러므로 기존의 내화용 코팅재료와의 단가 비교시 탁월한 경제적 이점을 가져왔으며, 이는 또 다른 혼합재료의 기능성 평가 실험을 통해 입증하였다.

다) 3년차 연구결과 요약

1) 1, 2차년도 연구결과에서 폐 EPS는 혼합한 본 개발 제품은 기존의 제품에 비하여 단위결합재량을 감소시키고도

동등한 수준의 압축강도를 얻을 수 있었으며 흡수율, 경량성 등이 뛰어나며, 특히 재활용 소재를

활용하여 표면피복재를 개발할 수 있음을 알 수 있었다.

2) 더욱이 제품의 원가 절감뿐만 아니라 산업부산물인 폐 EPS의 재활용을 도모할 수 있었다.

3) 따라서 심재로 사용되는 재료가 숯 뿐만 아니라 타 재료라도 상관없이 그 효능을 발휘할 수 있도록 도포해주는 피복재료의 개발은 매우 중요한 개발 분야이며, 타 분야에도 응용이 가능할 것이며, 특히 재활용 소재를 적용한 응용분야에도 활발하게 관여할 수 있으리라 판단된다.

나. 연구개발결과 활용 계획 및 활용에 대한 건의

1. 발표실적

가. 논문발표

1) 1세부

가) 이화형,김관의. 2003년4월. 습식공법으로 제조한 목탄-목재섬유복합재료의 에틸렌가스 흡착력과 과일신선도 유지효과. 한국가구학회지 14(1) 1-10

나) 이화형,김관의. 2003년9월. 점토목재파티클보드로 제조된 Clay-Woodceramics의 성질. 목재공학 31(5) 80-87

다) 이화형, 조윤민, 박한상. 2004년 9월. 오버레이백탄보드의 에틸렌가스흡착과 딸기 보관성효과. 목재공학 32(4): 90-96

2) 2세부

가) 서영범,전양,이화형,정태영,이종석. 2003. 숯을 활용한 포장재 개발에 관한 연구 (제1보). 한국펄프종이공학회지35(2):46-51

나) 서영범,전양,이화형,정태영,이종석. 2003. 숯을 활용한 포장재 개발에 관한 연구 (제2보). 한국펄프종이공학회지35(2):52-57

나. 학술대회 발표

1) 1세부

가) 이화형, 강석구, 한기선. 2003.10.16. 숯보드유공합판복합재료의 제조와 성능. 한국목재공학회 2003학술발표논문집 211-215

- 나) Hwa Hyoung Lee, Gwan Eui. April 22, 2003. Properties of charcoal-fiber board by wet forming process. IAWPS2003 International Conference on Forest Products. Proceeding of the IAWPS2003 "Better Utilization of Wood for Human, Earth and Future" Vol.2: 780-787
- 다) Hwa Hyoung Lee, Seog-Goo Kang, Min Gyong Lee. April 22, 2003. Etylene adsorption of clay-woodceramics from 3 layer-clay-woodparticleboard. IAWPS2003 International Conference on Forest Products. Proceeding of the IAWPS2003 "Better Utilization of Wood for Human, Earth and Future" Vol.2:917-920
- 라) 이화형. 2004.04.17. 습식열압공정에 의한 활성탄보드의 제조와 성능. 한국목재공학회 2003춘계학술발표논문집: 284-288
- 마) 이화형, 조운민, 박한상. 2004년4월. 백탄보드를 활용한 에칠렌가스 흡착과 과일 신선도 유지효과에 관한 연구. 한국목재공학회2004춘계학술발표논문집 277-283
- 바) 이화형, 조운민, 박한상. 2004년4월. 습식공정에 의한 활성탄보드의 제조와 성능. 한국목재공학회2004춘계학술발표논문집. 284-288

2) 협동연구

- 가) 폐기물을 이용한 친환경 건축소재 개발의 활용가능성에 관한 연구, 한국주거환경학회 제1권 1호, 2003년 11월
- 나) 재활용 소재를 활용한 숯보드용 표면처리재 개발에 관한 연구, 한국주거환경학회 제2권 2호, 2004년 6월

나. 특허 출원

1) 1세부

- 가) 점토목재요소폐놀수지로 만든 복합재료에 의한 점토목재세라믹 다공질탄소재료 제조 10-2002-0045301(2002.7.31출원일자) 이화형 단독
- 나) 다공질탄소재료 기능성보드 및 숯보드복합재료제조.출원번호:10-2003-0048137 (2003.07.15)
- 다) 기능성섬유상물질을오버레이숯보드제조. 출원번호(10-2004-0030046) (2004.04.29)
- 라) 인체친화형주거용숯목질이중재료복합구조의공기유입구. 출원번호:(10-2004-0030058) (2004.04.29)

2) 협동연구

- 가) 숯 보드의 표면처리를 위한 재활용소재의 피복재료 개발 및 그 제조방법(2004년 9월 과제 종료 전에 출원될 예정임 : 출원중/성장변리사사무소)
- 나) 건축 내장용 석고보드 대체소재인 숯보드의 표면코팅 처리제 개발 및 그 제조방법(2004년 9월 과제 종료전에 출원될 예정임 : 출원중/성장변리사사무소)

2.연구결과 활용계획

- 1) 연구의 결과를 정리하여 국내 및 국외 저명 학술지에 논문 게재
- 2) 국내 및 국외 학술회의에서 논문 발표
- 3) 각종 세미나에서 연구 결과 발표 및 홍보
- 4) 현장보급을 통한 제품의 우수성 홍보강화 방안 마련
- 5) 제품의 산업화를 위한 계획방안 마련

SUMMARY

I. Title

Development of New material Packing , Agricultural materials and Composite products for building materials by Using Charcoal

II. Objectives

Charcoal is the blackish residue consisting of impure carbon obtained by partial burning or destructive distillation of organic material. It is usually produced by heating wood in the absence of oxygen. It is largely pure carbon. The most common variety, wood charcoal, was formerly prepared by piling wood into stacks, covering it with earth or turf, and setting it on fire. In this process volatile compounds in the wood (e.g., water) pass off as vapors into the air, some of the carbon is consumed as fuel, and the rest of the carbon is converted into charcoal. In the modern method, wood is raised to a high temperature in an iron retort, and industrially important byproducts, e.g., methanol (wood alcohol), acetone, and acetic acid, are saved by condensing them to their liquid form. Charcoal, being almost pure carbon, yields a larger amount of heat in proportion to its volume than is obtained from a corresponding quantity of wood; as a fuel it has the further advantage of being smokeless. Charcoal is often used by blacksmiths, for cooking, and for other industrial applications. It is also used in sugar refining, in water purification, in the purification of factory air, and in gas masks. By special heating or chemical processes the adsorptive property can be greatly increased; charcoal so treated is known as activated charcoal. The porosity of wood charcoal explains why it floats on the surface of water, although it is actually denser. This also accounts for its ability to readily absorb gases and liquids; charcoal is often used to filter water or absorb odors. Its pharmacological action depends on the same property; it absorbs the gases of the stomach and intestines, and also liquids and solids (hence its use in the treatment of certain poisonings). Charcoal filters are used in some types of gas mask to remove poisonous gases from inhaled air. Wood charcoal has also the power of removing coloring matters from solutions, but this property is possessed in a much higher degree by animal charcoal. Charcoal is used in art for drawing, Bamboo charcoal is the principal tool in Japanese Sumi-e(charcoal drawing) art. Charcoal attracted a lot of attention in recent years because they are environmentally friendly and because of their unique functional characteristics such as catalysis, moisture absorption, soil conditioning, filtering, deodorization, purification, carrier for microbial activity, specific stiffness, corrosion and friction resistance, far-infrared ray emissivity, and their electromagnetic shielding capacity etc. In this study, we carried out to develop new technologies and products for new packaging- materials, agricultural materials, and building materials for indoor environment.

III. Research content and scope

1. 1st Sub-project

a. 1st year

1. Clay wood ceramics using techniques of wood ceramics
2. Development of charcoal-fiberboard process

b. 2nd year

1. Development of manufacture process for charcoal board
2. Veneer overlaid charcoalboard and Perforated plywood-charcoalboard composite for amenity and decoration.

c. 3rd year

1. Manufacture of functional fibrous materials overlaid charcoal board
2. Development of wood-charcoal-different material composite for humanbody-favored building material

2. 2nd Sub-project

a. 1st year

1. Development of charcoal containing corrugated boards

b. 2nd year

1. Methods of manufacturing charcoal containing packaging boxes for carnation cuttings
2. Development of charcoal containing fruit bags – pear fruit bags
3. Manufacturing charcoal containing mulching papers

c. 3rd year

1. Application of fruit bags to pear trees
2. Application of mulching papers to potato
3. Application of charcoal containing packaging boxes to small tomato and banana

3. 3rd Cooperation Research Project

a. 1st year

We would selected method to spread on the charcoal surface utilizing foaming, and add Fly ash this time and enlarge abrasion

b. 2nd year

Because cement ingredient that is included to foam finds factor which reduce charcoal effect remarkably reaching directly to charcoal, on the charcoal surface barren land (vitality) adding Bottom ash+E.P.S improve light weight sex and thermal insulation and spread charcoal surface .

Moreover, spread developed serving the first, and spread surface coating sealants that is developed at the first year by the second serving and supplemented shortcoming.

c. 3rd year

Developed last charcoal board surface coating material so that can cure because 3 yr manufacture first Bottom ash and E.P.S and have craftsman who is many as filling charcoal powder on hole that is made already on chair in which a criminal is fastened to be interrogated and heighten hardness and absorb outside moisture and pollution air.

Proposed 2 model's surface coating sealants fare all through these all sorts technical development, and prepare business transfer of technical know-how business for practical use anger.

- Recycling possibility material choice for surface coating sealants practical use
- Properties of matter estimation of surface coating sealants and special ability specifications proposal
- Economic performance estimation of surface coating sealants
- Coating sealants fare there bar of mixing product of controlling power

fare (Activated carbon) be preservation effect examination

- It is fire resistance var Mock for product normalization of boards - Up performance estimation
- Proposal that is design guide la of development product
- Already shortcoming security of elect caulking sealants fare and performance elevation method proposal

IV. Results and application

1. 1st Sub-project

a. Summary of the research results for the 1st year

Properties and manufacture of Clay-Woodceramics from 3 layers-clay-woodparticleboard

ABSTRACT

The woodceramics are porous amorphous carbon and glassy carbon composite materials. Woodceramics attracted a lot of attention in recent years because they are environmentally friendly and because of their unique functional characteristics such as catalysis, moisture absorption, deodorization, purification, carrier for microbial activity, specific stiffness, corrosion and friction resistance, and their electromagnetic shielding capacity. In this paper, we made new products of clay-woodceramics. Properties of the clay-woodceramics, the industrial analysis and ethylene gas adsorption for basic data of building- and packing- materials were investigated. Clay-woodceramics were carbonized for 3 hours of heating in a special furnace under a gas flow of nitrogen(15 ml/min.) from 3 layers-clay-woodparticleboard made from pallet waste wood , phenol formaldehyde resin(hereafter PF, Non volatile content:52%, resin content 30%), and clay(10%, 20% and 30%). Carbonization temperature was 400°C, 600°C and 800°C. Experimental results shows that the higher the carbonization temperature, the higher the fixed carbon and the lower the volatile contents. The higher the clay content, the more the ash content. The higher the carbonization temperature, the more the ethylene gas adsorption. Carbonization temperature of 800°C gave the best results(Water absorption, dimensional stability, heat conductivity, bending

strength, MOE, ethylene gas adsorption, far infra red ray radiation etc.) as same as that of white charcoal and activated carbon.(800°C-clay-woodceramic: 5.36ppm, white charcoal: 5.66ppm, activated carbon: 5.79ppm) The clay contents did not make any difference of ethylene gas adsorption.

Development of Charcoal-Fiberboard by Wet Forming Process

This study was carried out to make charcoal-fiberboard without adhesives addition using wet forming process to reveal superior adsorption power by high specific surface of charcoal and to estimate ethylene gas adsorption of charcoal-fiberboard and properties of charcoal-fiberboard. Charcoal-fiberboard without adhesives using wet forming process will be applied to specific building material, fruit storage box and so forth. Results are as following.

1. The higher the mixing ratio of charcoal in board, the more the water absorption rate, and the lesser the swelling rate. Therefore high dimensional stability was shown in at high mixing ratio of charcoal.
2. At the same mixing ratio of fiber to charcoal, #100-200 of charcoal particle size gave the better results than # 60-100.
3. The proper mixing ratio were 8:2 and 6:4 in the ratio wood fiber to charcoal.

Ethylene gas adsorption capacity and preserving effect of fruit freshness of Charcoal-fiberboard by wet forming process

This research was carried out for packing materials and building materials to examine ethylene gas adsorption and effect of keeping fruit fresh of wet formed charcoal-fiber composite made from defibrated fiber of *Pinus densiflora* Sieb. et Zucc. and white charcoal from *Quercus variabilis* Bl.(wood fiber: charcoal=8:2, 6:4, 4:6, 2:8), with/without phenol formaldehyde resin(PF, Non volatile content:52%, resin content 1,3,5%). The results are summarized as follows:

1. The higher the charcoal content, the more the ethylene gas adsorption. At the same mixing ratio of fiber to charcoal, #100-200 of charcoal particle size gave the better results than # 60-100.
2. Adding PF into the charcoal fiber composite decreased the capacity of ethylene gas adsorption but there was no significant difference until 5% adding amount of PF.
3. For keeping fruit fresh for a long time, Charcoal fiber composite was 66% longer than control. The higher the white charcoal content, the longer fresh time.

b. Summary of the research results for the 2nd year

The manufacture of functional charcoal board and charcoalboard composite as porous carbon materials

This study was carried out to develop the manufacturing process of functional charcoal board, to bring light on charcoal particle size and dry or wet process, and to maintain the advantageous properties of charcoal as a building material for solving the sick house problem. Excellent functional charcoalboard was developed with the proper condition of wet mat process(MC 40-60%), two particle size(#40-60 type, mixed type), non formaldehyde adhesives(MDI, poly vinyl acetate emulsion) and three stage pressing cycle of 30-10-30 kgf/cm² (1min.-1.5min.-6min.). Activated charcoalboard gave better results in gas adsorption than charcoalboard.

Veneer overlaid charcoalboard and Perforated plywood- charcoal board composite for amenity and decoration.

This study was developed to manufacture very thin natural wood veneer overlaid charcoalboard, to manufacture perforated plywood-charcoalboard composite for enhancing both mechanical properties and esthetic value of charcoalboard in the indoor environment use, and to use the advantageous properties of charcoal as a building material for solving the sick house problem. Very thin elm veneer(thickness 0.22mm, naked void ratio 26.9%) overlaid charcoalboard gave same gas adsorption as the control of charcoalboard. Perforated(perforated area ratio 25%, proper diameter and numbers;1.38cm,10)plywood-charcoalboard composite enhanced not only mechanical properties but also esthetic beauty.

This developed products turned out not only to maintain functional properties of charcoal, but also to exhibit the esthetic beauty.

c. Summary of the research results for the 3rd year

Manufacture of functional fibrous materials overlaid charcoal board

This study was carried out to manufacture fibrous materials overlaid charcoalboard, to enhance the esthetic value of the surface color of charcoal and charcoalboard for the indoor environment, and to use the advantageous properties of charcoal as a building material for solving the sick house problem. Two kinds of fibrous overlaid material were used for charcoalboard, such as pattern thin paper(15-35g/m²,0.04mm) and nonwoven fabric(30g/m²,0.12mm, naked void ratio 39%). Hot pressing condition was 100-130°C, 10kg/cm², and 2 minutes with poly vinyl acetate emulsion adhesive(NVC42%, spreading weight 160g/m²). This

fiborous overlaid charcoalboard gave the better gas adsorption than natural charcoal. This manufacturing process turned out not only to maintain functional properties of charcoal, but also to exhibit the esthetic beauty.

Development of wood-charcoal-different material composite for humanbody-favored building material

This study was carried out to manufacture wood-charcoal-different material composite, to enhance the esthetic value of the surface color of charcoal and charcoalboard for the indoor environment, and to use the advantageous properties of charcoal as a humanbody-favored building material for solving the sick house problem. Multi-composite structure was composed of three components, wood and wood based material as surface structure, perforated plastic box or aluminium box in medium structure, and then charcoal particle in the perforated box or charcoal board as back structure. Air drain structure of wood-charcoal-different material multi-composite was best at 2.5-5% of air drain ratio to the surface ratio for the three kinds of multi-composite structure such as Slider model, Louver model, and Siding model. This air drain ratio turned out not only to maintain functional properties of charcoal, but also to exhibit the esthetic beauty of surface material.

Ethylene gas adsorption and Strawberry's freshness maintenace of white charcoal board and overlaid white charcoal board

ABSTRACT

This research was carried out ethylene gas adsorption and keeping freshness to investigate the packaging possibility of the white charcoal board. The white charcoal board has 2 types, one is the mixed type charcoal board that made of the charcoal particle passed through 618mesh(15.5%), 1840mesh(49.1%), 4060mesh (22.3%) and 60200mesh(13.1%), another is the #40-60 type white charcoal board that made of 4060mesh (100%) particle. All white charcoal board was made from nonformaldehyde resin(PVA, MDI) by wet forming process. The properties of board were ; density $0.71\pm 0.01\text{g/cm}^3$, moisture contents $2.39\pm 0.06\%$, bending strength $45.51\pm 1.5\text{kgf/cm}^2$, internal bonding strength $12.46\pm 0.2\text{kgf/cm}^2$. The results were as follows;

1. The ethylene gas adsorption of charcoal board was much better than the paper and better than that of white charcoal itself. The adsorption of overlaid white charcoal board and nonoverlaid white charcoal board was much the same.
2. Gray mold(gray fungi) growth of strawberry in the paper box and strawberry in

white charcoalboard box arises after 2 days and 4 days ,respectively. So keeping freshness ability of white charcoalboard box was approximately two times more than that of paper box.

3. The freshness maintenace ability of overlaid white charcoal board and nonoverlaid white charcoal board was much the same.

Long-term Cyclic Gas Adsorption of White Charcoalboard and Overlaid White Charcoalboard

For the indoor serviceability of charcoal composites, long-term cyclic gas adsorption is necessary. Specimens put in the ambient laboratory room, and calculated ethylene gas adsorption value at the high content of 10-20ppm ethylene gas for each test. Until now, 18 weeks test gave good results which maintain same adsorption capacity as origin. The adsorption of overlaid white charcoal board and nonoverlaid white charcoal board was much the same.

2. 2nd Sub-project

a. Summary of the research results for the 1st year

Several different charcoals were applied to linerboards by internal addition and by surface coating, and their strength property changes, ethylene adsorption rates, and electric conductivity were measured. The charcoal containing linerboards are to be used back liner in manufacturing corrugated boards, which are normally used in agricultural products packaging. Fine charcoal from oak was very effective in ethylene adsorption, and no more than 30-50% internal addition of it on paper weight was necessary to maximize ethylene adsorption effect. Surface coating of charcoal was most effective in maximizing gas adsorption and in keeping board strength properties from lowering. The color of charcoal containing linerboards can be changed by using multiply method. For electric conductivity, we found carbon fiber was more effective than fine charcoal.

b. Summary of the research results for the 2nd year

Charcoal containing produce boxes, fruit bags, and mulching papers were developed. The charcoal containing boxes were used to investigate their ability to keep the produce in fresh state longer. The produce boxes were first used to carnation in cold storage room. We found that charcoal containing boxes could delay aging time up to 2 times longer than normal storage boxes after they were out from the storage room for sale. The charcoal containing fruit bags were used to produce better quality pears, and the mulching paper to produce higher yield potato, respectively. The complete results and their analyses of the effects of fruit bags and mulching papers will be available in 3rd year because of their growing season.

c. Summary of the research results for the 3rd year

Charcoal containing fruit bags were used for 'Gamchon' and 'Singo' pears. Their results showed than charcoal fruit bags gave very nice deep brown color, and raise the brix number higher than control fruit bags for both 'Gamchon' and 'Singo' pears. Economic advantage of obtaining these higher quality could be higher than the expense increase by application of charcoal on fruit bags. The charcoal containing mulching paper gave 20% more total harvest weight of potato than no mulching, and 10% more than black vinyl mulching. The average weight of individual potato was almost the same for charcoal mulching paper and vinyl mulching, but 30% lower for no mulching.

Charcoal containing produce boxes were used to store banana and small tomato in room temperature. For bananas in normal banana boxes, black spot defects showed up in 4 days, but for bananas in charcoal boxes, in 6 days or later, respectively. For small tomato, charcoal containing boxes lowered the number of defected small tomato up to 30% in 8 days. These advantages using charcoal containing boxes are more than the added cost of using charcoal. Real practice and market variation will decide the use of this charcoal technology in future.

3. 3rd Cooperation Research Project

a. Summary of the research results for the 1st year

1) Usually, Fly ash in case of is known as that improve fluidity by effect of Fly ash particle of round shape, but spend much amounts to Foam concrete's cement greate system with this experiment in case use a reasonable quantity by admixture for concrete effect of mend of these liquidity to expect by thing which is difficult judge .

2) Foam concrete's apparent specific gravity that mix Fly ash displayed 0.340.73's scope according to unit fission amount, and was expose that there is no big change according to the Fly ash principal parts rate.

3) In case of absorption coefficient by the Fly ash principal parts rate, displayed tendency that increase by jot according as the principal parts amount increases but Foam concrete's absorption coefficient that mix Fly ash expressed unit fission amount and 19.939.8%'s extent according to the principal parts rate, and was expose that receive effect according to unit fission amount mainly.

b. Summary of the research results for the 2nd year

1) Essential condition of surface serving must have gap structure that can do so that may express function of built-in heartwood just as it is, and must be satisfied non combustibile material in local currency canon at fire moreover to apply to indoor.

2) Because of surface covering material is superior tack with heartwood, there must not be segregation phenomenon, must satisfy to quality regulation that contraction change of product, thermal conductivity, surface's compressive strength, weight etc. prescribe in KS.

3) This result is utilize derelict material to do to reduce raw material production cost that is coincided price competitive power of material and recycling upbringing policy, it is desirable that observe standard if fold high quality that do to use from people residing.

c. Summary of the research results for the 3rd year

1) 1, 2 yr development product that research result sees that lungs EPS mixes than existent product unit union discretion reduce and could receive compressive strength of equal level and absorption coefficient, light weight attribute etc.. could know that can excel, and utilize recycling site specially and develop surface serving.

2) Moreover, it could plan lungs EPS's recycling that is Industry product as well as cost reduction of product.

3) Therefore, development of sheathing that material that is used for heartwood spreads so that another thing material as well as charcoal can display the effect irrelatively is very important development field, and is judged that application may be possible, and specially can be concerned vigorously to application field that apply recycling theme to another thing field.

CONTENTS

| | |
|--|-----|
| Submission document | 1 |
| Korean summary | 3 |
| I. Title | 3 |
| II. Objectives | 3 |
| III. Research contents and scope | 6 |
| IV. Results and application | 7 |
| English summary | 15 |
| English contents | 27 |
| Contents | 28 |
| I. 1st Sub-project | 29 |
| 1. The research results for the 1st year | 29 |
| 2. The research results for the 2nd year | 44 |
| 3. The research results for the 3rd year | 60 |
| II. 2nd Sub-project | 75 |
| 1. The research results for the 1st year | 75 |
| 2. The research results for the 2nd year | 88 |
| 3. The research results for the 3rd year | 97 |
| III. 3rd Cooperation Research Project | 119 |
| 1. The research results for the 1st year | 119 |
| 2. The research results for the 2nd year | 134 |
| 3. The research results for the 3rd year | 152 |

목차

| | |
|-------------------------|-----|
| 제출문 | 1 |
| 요약문 | 3 |
| I. 제목 | 3 |
| II. 연구의 목적 및 중요성 | 3 |
| III. 연구개발 내용 및 범위 | 6 |
| IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의 | 7 |
| 영문요약 | 15 |
| 영문목차 | 27 |
| 목차 | 28 |
| 제 1장. 1세부과제 | 29 |
| I. 1년차 연구수행 결과 | 29 |
| II. 2년차 연구수행 결과 | 44 |
| III. 3년차 연구수행 결과 | 60 |
| 제 2장. 2세부과제 | 75 |
| I. 1년차 연구수행 결과 | 75 |
| II. 2년차 연구수행 결과 | 88 |
| III. 3년차 연구수행 결과 | 97 |
| 제 3장. 협동연구과제 | 119 |
| I. 1년차 연구수행 결과 | 119 |
| II. 2년차 연구수행 결과 | 134 |
| III. 3년차 연구수행 결과 | 152 |

제 1장 1세부과제

제 1절 1년차 연구수행결과

1. 공시재료

가. 공시목질재료

목탄-목재섬유 혼합보드를 제조하기 위하여 사용한 목재섬유는 현재 인천소재 D사에서 Defibrater로 제조한 소나무(*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc.)를 분양받아 사용하였으며 이때 목재섬유의 기건함수율은 $8\% \pm 0.32$ 였다.

나. 공시목탄

목탄-목재섬유 혼합보드를 제조하기 위하여 사용한 백탄은 강원도 홍천산 25년생 이상의 굴참나무(*Quercus variabilis* BL.)를 원료로 사용하였다.

다. 강도보강제

목탄-목재섬유 혼합보드의 강도보강제로는 페놀대 포르말린(37%수용액)의 제조물비를 1:1.63으로 하고 NaOH를 촉매로 사용하여 제조한 수용성 알카리 페놀수지(Phenol formaldehyde resin)를 실험실에서 제조하여 사용하였으며, 내수성 향상을 위한 내수제로는 PWE(Paraffin wax emulsion)를 사용하였다. 제조된 PF의 NVC(Non volatile content):52%, pH11.4, 점도 $90 \sim 130$ cps였다.

라. 접착제

내수제가 목재섬유상에 효과적으로 침착하도록 사용된 침착제로는 Aluminum sulfate(Al_2SO_4 , 8%수용액)를 사용하였다.

2. Clay-Wood ceramic 탄소보드제조용 파티클보드의 물리적 성질

Clay-Wood ceramic 탄소보드를 제조하기위한 파티클보드의 물리적 성질은 표 1에서 보여진다. 파티클보드의 기건비중은 첨가되는 Clay의 양이 많아질수록 증가하며 제조된 모든 파티클보드의 함수율 및 두께팽윤율은 KS F 3104의 요구기준(함수율:5%이상, 두께팽윤율:12%이하)를 만족하였다. Control과 비교하여 Clay가 첨가된 파티클보드가 높은 두께팽윤율을 나타냈으나(CON:7.9%, Clay-30%:11.83%)흡수율은 거의 비슷한 경향을 보였다(CON:20.86%, Clay-30%:21.85%).

Table 1. Clay-Wood ceramic 탄소보드제조용 파티클보드의 물리적성질

| | 비중 F=24.92 | Duncan | 함수율 F=0.24 ^{ns} | 두께팽윤율(%) F=1.70 ^{ns} | 흡수율(%) F=0.80 ^{ns} |
|--------|---------------|--------|-----------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| CON | 0.95±0.01 | C | 5.84±0.72 | 7.9±0.66 | 20.86±0.81 |
| Cl-10% | 1.09±0.05 | B | 5.93±0.44 | 11.96±3.96 | 20.75±3.00 |
| Cl-20% | 1.13±0.05 | A | 5.86±0.41 | 10.93±3.01 | 19.21±1.30 |
| Cl-30% | 1.2±0.03 | A | 5.62±0.18 | 11.83±0.38 | 21.85±2.54 |

3. Clay-Wood ceramic 탄소보드제조용 파티클보드의 기계적 성질

Clay-Wood ceramic 탄소보드를 제조하기위한 파티클보드의 기계적 성질은 표 2와 같다. 제조된 모든 파티클보드는 KS F 3104 18.0형의 요구기준(휨강도:184kgf/cm²이상, 휨탄성계수:30600kgf/cm², 박리강도:3.1kgf/cm²)을 만족하였으며, Control과 비교하여 Clay-20%만 높고 Clay-10%, Clay-30%의 경우 휨강도를 비교하여 보면 Control과 같은 그룹이고 휨탄성계수도 같은 경향을 나타냈다. 박리강도의 경우 Control과 Clay가 첨가된 파티클보드는 통계적으로보면 유의성이 없어 동일한 그룹으로 나타났다.

Table 2. Wood ceramic 탄소보드제조용 파티클보드의 기계적 성질

| | 휨강도 (kgf/cm ²)F=7.46 | Duncann | 휨탄성계수 (kgf/cm ²)F=4.64 | Duncan | 박리강도(kgf/cm ²) F=0.51 ^{ns} |
|--------|-------------------------------------|---------|---------------------------------------|--------|--|
| CON | 317.87±39.17 | B | 37616.33±3103.67 | B | 6.87±2.04 |
| Cl-10% | 301.03±45.74 | B | 35990.33±4643.98 | B | 7.55±3.13 |
| Cl-20% | 389.53±25.20 | A | 47885.33±3231.27 | A | 5.65±1.42 |
| Cl-30% | 265.60±10.47 | B | 39465.00±5541.00 | B | 6.05±1.01 |

4. 숯-목질요소 혼합보드의 물리적 성질

숯-목질요소(섬유) 혼합보드의 물리적 성질은 표 3, 4, 5에서 보여지는데 숯-목질요소혼합보드의 기건함수율은 KS F 3200에서 요구하는 기준(함수율:5%이상)을 모두 만족하였고, 기건비중은 고정된 열압압력(20kgf/cm²)하에서 열압했을 경우 숯분말의 혼합비와 혼합된 숯분말의 크기에 영향을 많이 받음을 나타냈다. 동일 압력하에서 압착될 경우 숯분말보다 목질섬유가 보다 많이 압착되어 Control보다 섬유와 숯의 혼합비 8:2와 6:4의 경우에서 낮은 기건비중을 나타냈다. 또한 숯분말의 크기에 따라 같은 혼합비에서 혼합비 8:2와 6:4의 경우 숯분말의 크기가 큰 경우가 작은 경우보다 비중이 더 적어짐을 보여주었다(CON:0.99, 8:2(60100):0.69, 8:2(100200):0.82, 6:4(60100):0.66, 6:4(100200):0.78). 그러나 섬유와 숯의 혼합비가 4:6과 2:8의 경우는 숯의 크기에 따른 비중의 차이는 없었다.

제조한 숯-목질요소혼합보드의 두께팽윤율은 28.0357.45%를 나타냈는데 이러한 수치는 KS F 3200에서 요구하는 기준(두께팽윤율:12%이하)에 부적합 하였다. 이러한 결과는 숯의 성능을 발현하기 위해 혼합보드제조시 내수제를 첨가하지 않은 결과라고 볼 수 있겠다. 숯혼합비와 숯입자의 크기가 보드두께팽윤율에 미치는 영향은 숯입자의 크기가 100200mesh일 경우 숯의 혼합비가 커질수록 두께 팽윤율이 증가하는 경향을 나타냈으며(8:2-37.05%, 6:4-39.08%, 4:6-53.26%, 2:8-55.78%), 숯입자의 크기가 60100mesh의 경우에는 혼합비와 무관하게 비슷한 두께팽윤율을 나타냈다(8:2-34.96%, 6:4-40.14%, 4:6-28.03%, 2:8-35.95%). Control과 숯-섬유혼합보드의 두께팽윤율을 비교하여 보면 대체적으로 숯섬유혼합보드가 Control보다 낮은 두께팽윤율을 나타냈으며, 반대로 흡수율의 경우 숯-섬유혼합보드가 Control보다 대체적으로 높은 흡수율을 보였는데, 이는 숯입자가 수분을 목재섬유보다 많이 흡수하나 내부공극에 함유하여 흡수시 발생하는 팽윤은 목재섬유보다 작음을 의미한다고 볼 수 있다.

숯-섬유혼합보드의 열전도율은 Control에 비해 낮은 수치를 나타낸다 (CON:0.257w/m·k, 숯-목질요소혼합보드:0.1870.227w/m·k). 숯혼합비에 따른 열전도율은 명확히 차이가 나지 않았으며 대체적으로 비중이 높을수록 높은 열전도율을 나타냈다. 숯-목질요소혼합보드의 에틸렌가스 흡착량은 숯혼합비가 커질수록 높았는데, 이는 다공성물질인 숯의 기상흡착능이 목재섬유보다 뛰어남을 보여주는 결과라고 하겠다. 혼합된 숯입자크기에 따른 에틸렌가스 흡착량은 숯입자의 크기가 작을수록 높은 가스흡착량을 나타냈다.

Table 3. 숯-목질요소 혼합보드의 비중 및 흡수율

| | 비중 F=62.59 | Duncan | 흡수율 F=16.28 | Duncan |
|-------------|---------------|--------|----------------|--------|
| CON | 0.99±0.01 | A | 5.84±0.71 | DE |
| 8:2(60100) | 0.69±0.06 | C | 6.78±0.30 | B |
| 8:2(100200) | 0.82±0.02 | B | 5.91±0.37 | CD |
| 6:4(60100) | 0.66±0.01 | CD | 6.38±0.35 | BC |
| 6:4(100200) | 0.78±0.02 | B | 5.43±0.09 | DE |
| 4:6(60100) | 0.66±0.02 | CD | 5.15±0.14 | DE |
| 4:6(100200) | 0.67±0.01 | CD | 5.31±0.55 | E |
| 2:8(60100) | 0.63±0.03 | D | 5.24±0.46 | DE |
| 2:8(100200) | 0.63±0.02 | D | 7.85±0.63 | A |

○8:2(60100) = 목질섬유:숯분말의 비,()안은 숯분말의 크기(단위:mesh)

Table 4. 숯-목질요소 혼합보드의 두께팽윤율 및 흡수율

| | 두께팽윤율(%) F=44.45 | Duncan | 흡수율(%) F=80.39 | Duncan |
|-------------|---------------------|--------|-------------------|--------|
| CON | 57.45±3.49 | G | 74.39±0.46 | A |
| 8:2(60100) | 34.96±1.50 | BCD | 106.47±19.97 | BC |
| 8:2(100200) | 37.05±1.88 | CDE | 61.92±1.34 | A |
| 6:4(60100) | 40.14±2.01 | E | 129.67±1.75 | DE |
| 6:4(100200) | 39.08±1.98 | DE | 65.82±4.75 | A |
| 4:6(60100) | 28.03±1.90 | FG | 111.12±0.80 | C |
| 4:6(100200) | 53.26±0.75 | A | 146.84±4.00 | F |
| 2:8(60100) | 35.95±4.18 | BCDE | 129.94±4.82 | E |
| 2:8(100200) | 55.78±4.32 | FG | 170.93±3.44 | G |

○8:2(60100) = 목질섬유:숯분말의 비,()안은 숯분말의 크기(단위:mesh)

Table 5. 숯-목질요소 혼합보드의 열전도율 및 에틸렌가스 흡착량

| | 열전도율 (w/m.k) F=25.63 | Duncan | 에틸렌가스흡착량 (ppm) F=173.02 | Duncan |
|-------------|----------------------------|--------|-------------------------------|--------|
| CON | 0.257±0.014 | A | 3.43±0.10 | F |
| 8:2(60100) | 0.204±0.002 | C | 3.77±0.11 | F |
| 8:2(100200) | 0.208±0.007 | C | 4.78±0.06 | E |
| 6:4(60100) | 0.187±0.005 | D | 5.06±0.14 | E |
| 6:4(100200) | 0.227±0.015 | B | 7.21±0 | C |
| 4:6(60100) | 0.196±0.004 | CD | 6.26±0.03 | D |
| 4:6(100200) | 0.187±0.008 | D | 6.58±0.06 | D |
| 2:8(60100) | 0.206±0.002 | C | 8.58±0.02 | B |
| 2:8(100200) | 0.187±0.002 | D | 9.32±0.78 | A |

○에틸렌가스흡착량은 흡착후 48hr 경과후 측정된 결과임.(단위중량당흡착량-100g)

○8:2(60100) = 목질섬유:숯분말의 비,()안은 숯분말의 크기(단위:mesh)

5. 숯-목질요소(섬유) 혼합보드의 기계적 성질

숯-목질요소(섬유) 혼합보드의 기계적성질은 표 6에서 보여진다. Control에 비해 숯이 혼합된 섬유판의 휨강도 및 휨탄성계수, 박리강도가 현격히 저하됨을 볼 수 있다. 특히 숯입자의 크기에 따른 혼합보드의 휨강도를 보면 혼합비8:2, 6:4에서 숯입자가 작은 경우가 높은 휨강도를 나타냈고(8:2(60100)-71.69kgf/cm², 8:2(100200)-99.70kgf/cm², 6:4(60100)-20.65kgf/cm², 6:4(100200)-59.54kgf/cm²), 숯혼합비가 60%를 넘는 경우에는 숯입자의 크기에 따른 휨강도의 차이는 없었다. 휨탄성계

수 또한 휨강도와 같은 경향을 보였으며 특히 박리강도의 경우 매우 현격히 강도가 감소하였는데 이러한 경향은 숯입자가 섬유간결합을 방해하는 데서 오는 결과라고 볼 수 있겠다. 이러한 경향은 권 등(2001)이 발표한 접착제를 사용한 건식파티클과 목탄으로 제조된 혼합보드의 휨강도에서도 마찬가지로 보여진다.(wood chip100%:187kgf/cm², wood chip70%charcoal30%:49kgf/cm²) 그러나 본연구에서는 숯이 40% 첨가되고도 휨강도가 59kgf/cm²으로 습식은 접착제 첨가없이 건식의 30% 첨가보다 높은 휨강도를 나타내었다. 따라서 습식 방법은 건식방법에서 접착제사용에 따라 접착제가 숯의 표면을 코팅하여 숯의 성질을 저하시키는 것을 막을 수 있는 대안이 될 것이다.

Table 6. 숯-목질요소 혼합보드의 기계적성질

| | 휨강도 (kgf/cm ²) F=88.59 | Duncan | 휨탄성계수(kgf/cm ²) F=176.74 | Duncan | 박리강도(kgf/cm ²) F=0.51 ^{ns} | Duncan |
|-------------|--|--------|---|--------|--|--------|
| CON | 236.23±37.60 | A | 31979.00±3430.65 | A | 2.45±0.15 | A |
| 8:2(60100) | 71.69±2.75 | C | 11122.67±1659.91 | C | 0.28±0.01 | C |
| 8:2(100200) | 99.70±7.29 | B | 15134.67±579.03 | B | 2.35±0.03 | B |
| 6:4(60100) | 20.65±6.39 | E | 2789.67±180.54 | E | 0.17±0.02 | DEF |
| 6:4(100200) | 59.54±5.70 | CD | 6695.00±586.18 | D | 0.18±0.01 | DE |
| 4:6(60100) | 28.48±1.27 | E | 2975.33±166.61 | E | 0.20±0.05 | CD |
| 4:6(100200) | 28.29±2.01 | E | 3261.67±248.13 | E | 0.12±0.01 | DEF |
| 2:8(60100) | 15.15±0.51 | E | 1632.50±225.50 | E | 0.13±0.01 | DEF |
| 2:8(100200) | 9.40±0.82 | E | 619.65±9.45 | E | 0.07±0.001 | F |

○8:2(60100) = 목질섬유:숯분말의 비,()안은 숯분말의 크기(단위:mesh)

6. Clay-Wood ceramic 탄소보드의 제탄 특성

Clay-wood ceramic 탄소보드 제조를 위해 3시간동안 제탄한 파티클보드의 수탄율 및 수축율은 표 7, 8, 9에서 보여진다. 탄화온도가 올라갈수록 탄화수율이 감소하였으며(CON400℃-49.79%, 600℃-38.16%, 800℃-35.27%), Clay첨가량이 많을수록 탄화수율이 증가하였다. 또한 온도에 따른 탄화수율의 차이가 Clay첨가량이 많을수록 적었다. 온도가 증가함에 따라 탄화수율이 떨어지는 것은 공 등(2000)이 발표한 내용과 비슷한 결과를 나타냈다. Clay첨가량이 많을수록 탄화수율이 증가하는 것은 파티클보드내에 있던 Clay가 탄화되지 않고 탄소보드에 잔류하여 나타난 결과이다.

제탄시 탄화온도에 따라 온도가 올라갈수록 폭 및 두께 수축율은 증가하였으며 Clay의 첨가량이 많으면 많을수록 wood ceramic탄소보드의 폭 및 두께 수축율은 감소하였다. 특히 폭수축율의 경우 Clay의 첨가량이 많아질수록 탄화온도가 높아질수록 Clay첨가 wood ceramic탄소보드의 수축율의 차이가 Control보다 거의 반으로 줄어들었다(CON400°C:9.78%, 600°C:18.20%, 800°C:22.02%, Cl-30%-400°C:7.62%, Cl-30%-600°C:10.55%, Cl-30%-800°C:12.76%). 800°C의 콘트롤 체적수축은 52%인데 비하여 Clay첨가는 약 32%밖에 안되어 결과적으로 Clay는 제탄시 고온에서 소성될 때 보드의 치수안정에 영향을 주어 갈라짐이나 터짐이 적게 되는 요인을 제공하고 있음을 알 수 있다.

Table 7. Clay-Wood ceramic 탄소보드의 수탄율(제탄시)

| 제탄온도 처리 | 수탄율(%) | | | | | |
|------------|-----------------|--------|-------------------|--------|-------------------|--------|
| | 400°C F=9.82 | Duncan | 600°C F=132.45 | Duncan | 800°C F=5493.4 | Duncan |
| CON | 49.79±0.43 | B | 38.16±0.58 | D | 35.27±0.11 | D |
| Cl-10% | 53.32±0.36 | A | 40.97±0.18 | C | 39.50±0.09 | C |
| Cl-20% | 53.32±2.12 | A | 44.40±0.88 | B | 41.63±0.14 | B |
| Cl-30% | 55.64±1.52 | A | 47.27±0.52 | A | 45.69±0.05 | A |

Table 8. Clay-Wood ceramic 탄소보드의 폭수축율(제탄시)

| 제탄온도 처리 | 폭수축율(%) | | | | |
|------------|-------------------------------|------------------|--------|-------------------|--------|
| | 400°C F=1.05 ^{ns} | 600°C F=63.94 | Duncan | 800°C F=133.11 | Duncan |
| CON | 9.78±0.10 | 18.20±0.49 | D | 22.02±0.31 | D |
| Cl-10% | 8.88±1.63 | 16.02±0.70 | C | 19.57±0.23 | C |
| Cl-20% | 8.14±1.67 | 14.58±0.94 | B | 16.39±1.10 | B |
| Cl-30% | 7.62±2.16 | 10.55±0.59 | A | 12.76±0.31 | A |

Table 9. Clay-Wood ceramic 탄소보드의 두께수축율(제탄시)

| 처리 | 두께수축율(%) | | | | | |
|--------|--------------------------|--------|------------------|--------|------------------|--------|
| | 제탄온도 400°C F=16.38 | Duncan | 600°C F=14.37 | Duncan | 800°C F=12.84 | Duncan |
| CON | 14.41±1.78 | C | 16.95±1.57 | B | 20.28±0.47 | C |
| Cl-10% | 11.88±0.12 | B | 17.31±0 | B | 18.27±0.96 | B |
| Cl-20% | 11.11±0.43 | B | 15.91±2.18 | B | 16.74±1.36 | AB |
| Cl-30% | 8.97±0.56 | A | 10.90±0.42 | A | 15.13±1.23 | A |

7. Clay-Wood ceramic 탄소보드의 물리적 성질

가) 제조된 Clay-Wood ceramic 탄소보드의 비중 및 함수율은 표 10, 11에서 볼수 있다. 일반적으로 탄화온도가 높을수록 탄소보드의 비중은 저하되며, Clay의 첨가량이 많을수록 같은 온도조건에서 제탄시 Control과 비교하여 높은 비중을 나타내었다. 탄소보드의 함수율은 보통의 파티클보드 보다 낮아 1.52.5%의 함수율을 나타냈다.

Table 10. Clay-Wood ceramic 탄소보드의 비중

| 처리 | 비 중 | | | | |
|--------|--------------------------|--------|-----------------|--------|-------------------------------|
| | 제탄온도 400°C F=10.38 | Duncan | 600°C F=9.12 | Duncan | 800°C F=0.78 ^{ns} |
| CON | 0.65±0.02 | B | 0.64±0.02 | C | 0.63±0.04 |
| Cl-10% | 0.73±0.02 | A | 0.67±0.04 | BC | 0.65±0.11 |
| Cl-20% | 0.73±0.05 | A | 0.72±0.01 | A | 0.70±0.03 |
| Cl-30% | 0.78±0 | A | 0.71±0.01 | AB | 0.66±0.05 |

Table 11. Clay-Wood ceramic 탄소보드의 흡수율

| 처리 | 제탄온도 | 흡수율(%) | | | | |
|--------|------|----------------|--------|----------------|--------|------------------------------|
| | | 400℃ F=5.07 | Duncan | 600℃ F=7.62 | Duncan | 800℃ F=1.07 ^{ms} |
| CON | | 2.15±0.08 | A | 2.58±0.19 | A | 1.29±0.13 |
| Cl-10% | | 1.86±0.06 | B | 1.96±0.18 | B | 1.76±0.62 |
| Cl-20% | | 2.25±0.19 | A | 2.04±0.19 | B | 1.57±0.27 |
| Cl-30% | | 2.13±0.14 | A | 1.83±0.27 | B | 1.40±0.03 |

나) Clay-Wood ceramic 탄소보드의 흡습율 및 흡수율 두께팽윤율은 표 12, 13, 14에서 볼수 있다. 탄소보드의 흡습율은 같은 조건에서 탄화온도가 높을수록 증가하며 (CON400℃-13.15%, 600℃-13.86%, 800℃-17.76%) Clay의 첨가량이 증가할수록 감소하는 경향을 보인다(CON800℃-17.76%, Cl-30%-800℃-7.23%). 흡수율 역시 탄화온도가 높을수록 증가하나 Clay첨가량에 따른 흡수율 차이는 통계적으로 유의성이 없었다. 탄소보드의 두께 팽윤율의 경우는 컨트롤의 경우 탄화온도가 높아지면 두께 팽윤율은 높아지나 clay첨가탄소보드는 탄화온도 및 Clay첨가량에 따른 차이 없이 아주 낮은 두께팽윤율을 나타내 치수가 매우 안정됨을 나타내고 있다. 따라서 Wood ceramic탄소보드의 Clay는 공기 중 흡습은 저하시키지만 액상의 수분을 흡수하는 경우에는 영향을 끼치지 않았다.

Table 12. Clay-Wood ceramic 탄소보드의 흡습율

| 처리 | 제탄온도 | 흡습율(%) | | | | | |
|--------|------|-----------------|--------|----------------|--------|------------------|--------|
| | | 400℃ F=22.95 | Duncan | 600℃ F=8.51 | Duncan | 800℃ F=130.31 | Duncan |
| CON | | 13.15±2.09 | A | 13.86±3.31 | A | 17.76±0.09 | A |
| Cl-10% | | 10.98±0.09 | B | 11.48±0.61 | B | 13.33±1.29 | B |
| Cl-20% | | 8.03±0.30 | C | 9.50±0.14 | BC | 11.11±0.15 | C |
| Cl-30% | | 6.64±0.13 | C | 7.21±0.05 | C | 7.23±0.32 | D |

○기타탄화물의 흡습율: 활성탄(야자)-34.92%, 굴참나무숯-13.52%

Table 13. Clay-Wood ceramic 탄소보드의 흡수율

| 처리 | 흡수율(%) | | |
|--------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | 400℃ F=0.60 ^{ns} | 600℃ F=0.67 ^{ns} | 800℃ F=0.07 ^{ns} |
| CON | 28.48±8.83 | 37.12±4.54 | 37.73±15.05 |
| Cl-10% | 29.38±0.75 | 30.96±0.14 | 35.78±3.40 |
| Cl-20% | 31.30±3.83 | 32.63±6.97 | 39.61±13.20 |
| Cl-30% | 33.72±3.71 | 35.68±8.50 | 37.58±2.08 |

Table 14. Clay-Wood ceramic 탄소보드의 두께팽윤율

| 처리 | 두께팽윤율(%) | | | | |
|--------|-----------------|--------|------------------------------|-----------------|--------|
| | 400℃ F=29.80 | Duncan | 600℃ F=0.07 ^{ns} | 800℃ F=18.54 | Duncan |
| CON | 1.39±0.23 | A | 2.20±0.29 | 6.21±1.30 | B |
| Cl-10% | 2.28±0.29 | B | 2.32±1.18 | 1.86±0.55 | A |
| Cl-20% | 3.18±0.21 | C | 2.04±0.81 | 2.57±0.90 | A |
| Cl-30% | 2.23±0.19 | B | 2.16±0.20 | 1.80±0.15 | A |

다) Clay-wood ceramic 탄소보드의 열전도율은 표15와 같이 탄화온도가 높아질수록, clay첨가율이 높아질수록 증가하였다.(CON400℃:0.112W/m·k, 600℃:0.157W/m·k, 800℃:0.189W/m·k), 800℃-CON:0.189, Cl-10%:0.230, Cl-20%:0.232, Cl-30%:0.413, 단위는 W/m·k). 비중에 따라 증가되었고 열저항계수는 800℃에서 콘트롤이 5.29m²·K/W, Cl-30%의 경우 2.42m²·K/W로서 일반목질재료보다 단열성이 매우 우수하였다. Nanoka등(1999)은 wood ceramic의 밀도에 따른 열전도율을 측정한 결과 20℃에서 측정하였을 때 탄화온도에 따른 열전도율의 증가를 역시 보고한바 있다.

라) 탄소보드의 전류도는 표16에서처럼 탄화온도가 800℃가 되어야 전류가 흐르기 시작하였고 Clay첨가는 크게 영향을 주지 않았다.

Table 15. Clay-Wood ceramic 탄소보드의 열전도율

| 제탄온도 처리 | 열전도율(W/mk) | | | | | |
|------------|------------------|--------|----------------|--------|----------------|--------|
| | 400℃ F=153.49 | Duncan | 600℃ F=7.29 | Duncan | 800℃ F=9.21 | Duncan |
| CON | 0.112±0.0012 | D | 0.157±0.002 | B | 0.189±0.0148 | B |
| Cl-10% | 0.131±0.0035 | C | 0.162±0.0081 | B | 0.230±0.0300 | B |
| Cl-20% | 0.138±0.0049 | B | 0.172±0.0198 | B | 0.232±0.0424 | B |
| Cl-30% | 0.175±0.0041 | A | 0.198±0.101 | A | 0.413±0.1005 | A |

Table 16. Clay-Wood ceramic 탄소보드의 전류도

| 제탄온도 처리 | 전기저항(Ω) | | |
|------------|---------|------|-----------------------------|
| | 400℃ | 600℃ | 800℃ F=1.7 ^{ns} |
| CON | ∞ | ∞ | 17±1.0 |
| Cl-10% | ∞ | ∞ | 18±2.0 |
| Cl-20% | ∞ | ∞ | 22±5.29 |
| Cl-30% | ∞ | ∞ | 21±2.65 |

○∞:전기저항이 매우 높아 측정불가

마) 에틸렌가스흡착: 식물은 스스로 에틸렌 가스를 발생시켜 숙성 및 노화를 촉진시킨다. 목탄은 이러한 에틸렌의 흡착성에 우수한 기능을 갖고 있기 때문에 조기에 에틸렌 가스를 제거함으로써 꽃이나 과일, 야채 및 식품 등의 부패를 지연시켜 선도를 유지시켜 주므로 식물의 보관 유지에 탁월한 효과를 갖게 된다. Clay-Wood ceramic 탄소보드의 에틸렌가스흡착량의 결과는 표 17 에서 볼 수 있다. 800℃에서 탄화된 탄소보드의 경우 상업용 활성탄이나 굴참나무숯과 비교하여 거의 비슷한 수

준의 에틸렌가스 흡착량을 나타냈다(800°C-CON:5.36ppm, 굴참나무숯:5.66ppm, 활성탄:5.79ppm). 일반적으로 탄화온도가 올라갈수록 에틸렌가스흡착량이 증가하였으나 그차이는 400°C는 가장 낮은 그룹이었으나 600°C와 800°C의 경우에는 현격한 차이가 나지는 않았다. Clay의 첨가량에 따른 에틸렌가스흡착량의 차이는 명확한 경향을 나타내지 않았다.

Table 17. Clay-Wood ceramic 탄소보드의 에틸렌가스 흡착량 (흡착시간:48hr)

| 제탄온도 처리 | C ₂ H ₄ 흡착량(ppm) F=35.69 | | | | | |
|------------|---|--------|-----------|--------------|-----------|--------|
| | 400°C | Duncan | 600°C | Duncan | 800°C | Duncan |
| CON | 4.15±0.36 | D | 5.03±0.33 | C | 5.36±0.21 | ABC |
| Cl-10% | 2.46±0.47 | E | 5.68±0.31 | AB | 5.74±0.31 | A |
| Cl-20% | 2.46±0.41 | E | 5.44±0.27 | ABC | 5.67±0.30 | AB |
| Cl-30% | 4.12±0.44 | D | 5.07±0.27 | BC | 5.50±0.32 | ABC |
| 굴참나무숯 | 5.66±0.30 | | | Duncan AB | | |
| 활성탄(야자) | 5.79±0.28 | | | A | | |

○측정용기내의 에틸렌가스 blank 농도: 6.07ppm

바) Clay-Wood ceramic 탄소보드의 원적외선방사율은 표 18에서 보여진다. 본 연구에서 제조된 탄소보드의 원적외선방사율이 굴참나무백탄의 원적외선 방사율과 비교하여 통계적으로 유의성이 없어 차이가 없었다.(800°C-CON:87.25%, 800°C-Cl-30%:85.26%, 굴참나무숯:89.82%). 탄화온도가 높아짐에 따라 원적외선방사율이 증가하는 경향을 보이며 그 차이는 근소하였다.

Table 18. Clay-Wood ceramic 탄소보드의 원적외선 방사율

| 제탄온도 처리 | 원적외선방사율(%) F=0.51 ^{ns} | | |
|------------|------------------------------------|------------|------------|
| | 400°C | 600°C | 800°C |
| CON | 84.57±6.49 | 86.58±0.01 | 87.25±6.39 |
| Cl-30% | 82.38±6.25 | 83.52±6.29 | 85.26±3.15 |
| 굴참나무숯 | 89.82±0.01 | | |

○측정시 시편의 온도:50°C, 측정시 파장:15μm, 시편의 두께:0.5mm

8. Clay-Wood ceramic 탄소보드의 기계적 성질 비교

Clay-Wood ceramic 탄소보드의 기계적 성질은 표 19, 20, 21에서 보여 진다. 탄소 보드의 휨강도는 탄화온도가 높아짐에 따라 증가하는 경향을 보이는데, 휨탄성계수도 같은 경향을 보인다. 특히 휨강도의 경우 탄화온도가 400℃인 탄소보드와 600℃인 탄소보드의 경우 탄화온도에 따른 탄소보드 휨강도의 영향을 알 수 없으나 탄화온도가 800℃일 때 600℃에서 탄화된 탄소보드보다 매우 개선된 휨강도를 나타냈고 Clay-30%첨가와 콘트롤의 차이는 없었다. 탄소보드의 경도는 브리넬 경도법으로 측정하였는데 모든 탄소보드의 표면경도는 탄화온도에 따라 뚜렷한 경향을 보이지 않았으며, Clay의 첨가량은 400℃,600℃에서는 유의성이 없었으나 800℃에서는 Clay의 첨가량이 많으면 경도가 증가하는 경향을 보였다. 제조된 탄소보드의 경도치는 0.720.97kgf/mm²를 나타냈다.

Table 19. Clay-Wood ceramic 탄소보드의 휨강도

| 처리 \ 제탄온도 | 휨강도(kgf/cm ²) | | | | |
|-----------|---------------------------|--------|------------------------------|----------------|--------|
| | 400℃ F=5.91 | Duncan | 600℃ F=1.68 ^{ns} | 800℃ F=2.86 | Duncan |
| CON | 43.20±3.13 | AB | 29.56±5.17 | 65.64±9.99 | AB |
| Cl-10% | 59.05±9.65 | A | 42.73±9.52 | 69.58±18.67 | A |
| Cl-20% | 38.61±7.27 | B | 35.66±9.84 | 47.49±3.45 | B |
| Cl-30% | 30.91±11.43 | B | 33.39±2.07 | 52.27±2.55 | AB |

Table 20. Clay-Wood ceramic 탄소보드의 휨탄성계수

| 처리 \ 제탄온도 | 휨탄성계수(kgf/cm ²) | | | |
|-----------|------------------------------|------------------------------|----------------|--------|
| | 400℃ F=2.50 ^{ns} | 600℃ F=0.23 ^{ns} | 800℃ F=6.85 | Duncan |
| CON | 9061.7±1431.5 | 19644.5±2197.5 | 40370.7±5127.3 | A |
| Cl-10% | 13229±1093.4 | 16838.3±2447.4 | 35093.3±6748.4 | AB |
| Cl-20% | 7371.3±1683.4 | 16428.7±1169.4 | 15400.0±1818.0 | C |
| Cl-30% | 13478.7±6197 | 13381.3±7261.4 | 24486.7±2340.6 | BC |

Table 21. Clay-Wood ceramic 탄소보드의 표면경도(브리넬 경도법)

| 처리 | 표면경도(kgf/mm ²) | | | Duncan |
|--------|------------------------------|------------------------------|----------------|--------|
| | 400℃ F=1.36 ^{ns} | 600℃ F=1.81 ^{ns} | 800℃ F=6.29 | |
| CON | 0.72±0.04 | 0.78±0.07 | 0.75±0.08 | C |
| CI-10% | 0.72±0.25 | 0.81±0.16 | 0.88±0.03 | AB |
| CI-20% | 0.86±0.06 | 0.90±0.02 | 0.89±0.06 | AB |
| CI-30% | 0.92±0.14 | 0.92±0.01 | 0.97±0.07 | A |

9. Clay-Wood ceramic 탄소보드의 공업분석

제조된 Clay-Wood ceramic 탄소보드의 공업분석의 결과와 메틸렌블루흡착량의 결과는 표 22, 23에서 보여진다. 제조된 탄소보드를 60mesh이하로 분쇄하여 공업분석을 실시한 결과 탄소보드의 pH는 Clay의 첨가량이나 탄화온도에 따른 명확한 차이를 나타내지 않았으며 대체적으로 9.8410.88 정도의 pH 값을 나타냈다. 건조감량의 경우도 탄화온도와 Clay 첨가량에 따른 명확한 경향을 보이지 않았으며 2.59% 정도의 건조감량 수치를 나타냈다. 휘발분의 경우 탄화온도가 높을수록 휘발분이 감소하였으며(CON400℃-36%, CON600℃-22%, CON800℃-11.5%), Clay의 첨가량이 많을수록 상대적으로 낮은 수치를 나타냈다(600℃-CON:22%, CI-10%:16%, CI-20%:10%, CI-30%:6%). Clay-wood ceramic 탄소보드의 clay 함량은 회분함량의 증가로 나타났고(800℃-CON:17%, CI-10%:26%, CI-20%:35%, CI-30%:46%). 탄소보드내에 고정탄소의 비율은 탄화온도의 증가에 따라 증가하였다.(CON400℃-50%, CON600℃-60.5%, CON800℃-62.5%), Clay의 첨가량이 많을수록 낮은 고정탄소비율을 당연한 결과이다.(800℃-CON:62.5%, CI-10%:56.5%, CI-20%:48.5%, CI-30%:41%). 김등(1999, 2000)은 수중간벌재와 목질재료 탄화물에 대한 공업분석결과를 발표하였는데, 600℃에서 4시간동안 탄화된 파티클보드탄화물의 경우 건조감량:3.20%, 회분:4.18%, 휘발분:8.34%, 고정탄소:84.28%으로 나타났다. 이 결과와 본실험의 600℃-CON의 경우와 비교하여 보면 회분과 휘발분은 본실험의 결과치가 높게 나타났고(회분:8.82%, 휘발분:13.66%), 고정탄소는 본실험이 낮게 나타났다(고정탄소:23.78%). 이런 결과는 제조된 파티클보드의 원료수종 및 제조조건상의 차이, 탄화시간 등 탄화조건에 차이가 기인한다고 하겠으나 전체적인 경향은 비슷한 결과를 보였다. 대조군으로 굴참나무의 공업분석을 한 결과도 탄화조건은 다르나 김등(1999)의 결과(건조감량:1.01%, 회분:3.92%, 휘발분:14.58%, 고정탄소:80.49%)와 비슷한 경향을 보였다.

제조된 Clay-Wood ceramic 탄소보드의 메틸렌블루 흡착량을 측정한 결과를 보면 탄화온도 및 Clay 첨가량에 따른 차이는 없었으며, 3.223.46ml/g 정도의 메틸렌블루 흡착량을 보였다. 공(2001)은 목질재료탄화물의 메틸렌블루 흡착량을 측정한 결과 400℃에서 4시간동안 탄화된 파티클보드의 메틸렌블루 흡착량은 1.0ml/g 전후였고, 600℃의 경우에는 1.23.1ml/g 정도를 보인다고 보고한바 있다. 실험의 정확도를 확보하기 위하여 활성탄(야자)의 메틸렌블루 흡착량을 측정한 결과 179.74ml/g를 나타냈는

데 활성탄의 시험성적서와 비교하여 비슷한 결과를 보였다(시험성적서:메틸렌블루흡착량-180ml/g).

Table 22. Clay-Wood ceramic 탄소보드의 공업분석

| 제탄온도 | 처리 | 공업분석 | | | | |
|------|--------|-------|---------|--------|-------|---------|
| | | pH | 건조감량(%) | 휘발분(%) | 회분(%) | 고정탄소(%) |
| 400℃ | CON | 9.86 | 6 | 36 | 8 | 50 |
| | Cl-10% | 9.96 | 4 | 34.5 | 18 | 43.5 |
| | Cl-20% | 9.84 | 5.5 | 26 | 24 | 44.5 |
| | Cl-30% | 10.25 | 2.5 | 20.5 | 43 | 34 |
| 600℃ | CON | 10.42 | 4.5 | 22 | 13 | 60.5 |
| | Cl-10% | 10.78 | 6 | 16 | 24 | 54 |
| | Cl-20% | 10.24 | 5.5 | 10 | 31 | 53.5 |
| | Cl-30% | 10.88 | 5 | 6 | 43 | 46 |
| 800℃ | CON | 10.54 | 9 | 11.5 | 17 | 62.5 |
| | Cl-10% | 10.51 | 6.5 | 11 | 26 | 56.5 |
| | Cl-20% | 10.23 | 6 | 10.5 | 35 | 48.5 |
| | Cl-30% | 10.36 | 3.5 | 9.5 | 46 | 41 |
| | 굴참나무숯 | 9.23 | 9 | 5 | 2 | 84 |

Table 23. Clay-Wood ceramic 탄소보드의 메틸렌블루 흡착량

| 처리 | 제탄온도 | 메틸렌블루 흡착량(ml/g) | | | | | |
|--------|------|-----------------|--------|-----------------|--------|-----------------|--------|
| | | 400℃ F=10.15 | Duncan | 600℃ F=18.02 | Duncan | 800℃ F=28.09 | Duncan |
| CON | | 3.11±0.04 | B | 3.17±0.01 | B | 3.46±0.06 | A |
| Cl-10% | | 3.25±0.03 | A | 3.17±0.02 | B | 3.28±0.01 | B |
| Cl-20% | | 3.22±0.04 | A | 3.25±0.02 | A | 3.25±0.01 | B |
| Cl-30% | | 3.23±0.02 | A | 3.24±0.02 | A | 3.25±0.04 | B |

10. 참고문헌

- 1) Fan, T. X., T. Hirose, and D. Zhang. 2001. Surface Area Characteristics of Woodceramics. *Journal of Porous Materials*. 8(3): 211~217.
- 2) Hirose, T., T. X. Fan, T. Okabe, and M. Yoshimura. 2001. Effect of carbonization temperature on the with liquefied wood. *Journal of materials*

- Science. 36(17): 4145~4149.
- 3) Hirose, T., T. Fan, T. Okabe, and M. Yoshimura. 2002. Effect of carbonizing speed on the property changes of woodceramics impregnated with liquefacient wood. *Materials Letters*. 52(3): 229~233.
 - 4) Hirose, T., B. Zhao., T. Okabe, and M. Yoshimura. 2002. Effect of carbonization temperature on the basic properties of woodceramics made from carbonized bamboo fiber and liquefied wood. *Journal of Materials Science*. 37(16): 3453~3458.
 - 5) Iizuka, H., M. Fushitani., M. Ohtsuka., T. Okabe, k. Saito, and K. Hokkirigawa. 1996. Mechanical Properties of porous carbon materials: Woodceramics. *Journal of Materials Science Letters*. 15(20): 1770~1772.
 - 6) Kano, M., M. Michihiko., T. Okabe, and K. Saito. 1997. Specific heat capacity of new porous carbon materials" Woodceramics. *Thermochimica Acta*. 292(1/2): 175~177.
 - 7) Kercher, A. K. and D. C. Nagle. 2002. Evaluation of carbonized medium-density fiberboard for electrical applications. *Carbon*. 40(2): 1321~1330.
 - 8) Okabe, T., K. Saito and K. Hokkirigawa. 1996a. New porous carbon materials woodceramics Development and fundamental properties. *Journal of Porous Materials* 2: 207~213.
 - 9) Okabe, T., K. Saito and K. Hokkirigawa. 1996b. The effect of burning temperature on the structural changes of woodceramics. *Journal of Porous Materials* 2: 215~221.
 - 10) Xie, X. Q., T. X. Fan, D. Zhang., T. Sakata. and H. Mori. 2002. Mechanical properties and damping behavior of woodceramics/ZK60A Mg alloy composites. *Materials Research Bulletin*. 37(6):1133~1140.
 - 11) 공석우, 김병로. 2000. 미이용 목질폐잔재의 탄화이용개발(Ⅰ)-수종의 간벌재 탄화와 탄화물의 특성. *한국목재공학회지*. 28(2):57~65.
 - 12) 김병로, 공석우. 1999.미이용 목질폐잔재의 탄화이용개발(Ⅱ)-수종의 간벌재 탄화와 탄화물의 특성. *한국목재공학회지*. 27(2):70~77.

제 2절 2년차 연구수행 결과

1. 재료 및 방법

가. 공시재료

1) 공시백탄

백탄은 강원도 홍천산 25년생 이상의 굴참나무(*Quercus variabilis* BL.)를 원료로 사용하였다. 백탄을 분쇄하여 #40~60메쉬와 혼합형[6메쉬 이하로 분쇄기에서 적정 시간 동안 분쇄한 후 다음과 같은 비율로 혼합된 경우 #6~12(7%), #12~18(14%), #18~40(43%), #40~60(23%), #60~100(9%), #100이하(4%) 총100%]의 두 종류를 사용하였다.

2) 활성탄

활성탄은 국내에 가장 많이 보급되는 야자수활성탄을 사용하였으며 탄입의 크기는 6~18메쉬 정도였다.

3) 합판

표면재로 복합화합 유공합판은 시중에서 구입한 2.7mm 두께의 인도네시아산 활엽수합판(밀도 0.64g/cm³, 함수율 11.3 강도 630±29kgf/cm²)을 사용하였으며 이면재로서는 15mm 두께의 활엽수 합판(밀도 0.81cm³, 함수율 9.5 강도 526±17kgf/cm²)을 사용하였다.

4) 접착제

비포르말린계 접착제로서 수성비닐계접착제(PVA:초산비닐수지에말존, 불휘발분 42%)와 이소시아네이트계(MDI:메칠디이소시아네이트, 불휘발분 100%)수지를 혼합하여 접착제로 사용하였다.

나. 실험방법

1) 숯보드의 제조

숯보드의 제조는 PVA와 MDI수지를 숯전건중량당 혼합형의 경우 PVA15%, MDI5%, 수분36%, #40~60의 경우 PVA15%, MDI5%, 수분 50%로 하여 열압온도 170℃, 3단계열압스케줄로 30-10-30kgf/cm²(1분-1분30초-6분)을 적용하여 제조하였다. 각 조건당 4반복씩 크기는 가로20cm×세로20cm×두께1cm의 크기로 제조하였다.

2) 숯보드의 물리·기계적성질 조사

숯보드의 물리 기계적 성질은 KS F 3104(1997)에 의거하여 측정하였으며 전기전도도는 601 MultiMeter(QTM-500, 제조사:HongChang)를 사용하여 측정하였다. 열전도율은 Quick Thermal Conductivity Meter(QTM-500, 제조사:KYOTO ELECTRONICS)를 사용하여 측정하였다.

3) 숯보드의 에틸렌가스(C₂H₂) 흡착량 측정

에틸렌가스(C₂H₂) 흡착량은 Gas chromatatograph(DC-14B, 제조사:SHIMADZU)를 사용하여 측정하였다.

4) 숯보드의 원적외선방사율 측정

원적외선방사율 측정은 FT-IR을 사용하여 측정하였다.

5) 통계처리

통계처리는 던컨의 신다중검정법(Duncan's new multiple range test)으로 분석하였다.

2. 탄소보드 신제품 개발

가. 다공질탄소재료 숯보드 신제품 개발:

숯파티클 크기를 모두 8개 그룹으로 구분하여 접착제양과 수분양을 조정하여 포밍성과 보드제조시 열압성과 표면성을 외관으로 판정하면 표24와 같고 그에 따라 제조된 숯보드의 물리기계적 성질을 측정한 결과는 표25, 표26과 같다. 휨강도를 KS연질판(F 3200:1997)의 최고 수준인 3.0 N/mm²(30.6 kgf/cm²) 이상으로 건축내장재나 포장재로서 사용할 수 있도록 접착제배합조건을 선별한 결과 모두 16개로서 크게 두 개의 결론으로 내릴 수 있다. 첫째로 건식열압공정이 가능한 범위의 숯파티클의 범위는 #18보다 큰 파티클과 혼합형이 가능하며 특히 M25%MC10%(혼합형)의 경우 70.6±0.44kgf/cm²의 휨강도를 나타내어 가장 우수하였다. 그러나 가능한 접착제양을 감소시켜 숯의 기능을 발휘시키는 것이 목적이므로 M15%MC15%로 할 경우 혼합형이나 #6메쉬 이상 큰파티클의 경우에도 모두 30 kgf/cm²의 휨강도를 나타냈다. 또한 P10M5MC13의 경우 10kgf/cm², UF15MC10은 21kgf/cm²의 휨강도를 나타냈다. 그러나 숯파티클이 크면 숯보드표면이 평활하지 못하므로 그 자체를 특수하게 사용하지 않는 대부분의 경우 2차표면가공을 하기 어려우므로 숯파티클의 크기를 작게 하여 숯보드의 표면이 평활하도록 하려면 수분요구량이 많아지므로 건식열압공정이 힘들게된다. #18메쉬 이하의 크기로 내려갈수록 건식범위의 함수율은 숯보드의 제조가 힘들어진다. 따라서 둘째로 반건식 또는 습식의 수분을 갖는 조건에서 강도와 2차가공을 위한 표면성이 가장 좋은 것으로서 두 개가 선정되었다. 하나는 숯크기 40-60메쉬로서 접착제조건이 P15%,M5%,MC50%였다(이후 40-60메쉬형으로 명명). 또 하나는 숯크기가 혼합형(Mix)으로서 접착제배합조건이 P15%,M5%,MC26%였다(이후 혼합형으로 명명).이 혼합형은 숯파티클을 40-60메쉬 크기로 경제적으로 제조

한다는 것은 실제적으로 어려우므로 6메쉬 통과분으로 부터 100메쉬이하까지 적절히 혼합되어 [#6-12(7%), #12-18(14%), #18-40(43%), #40-60(23%), #60-100(9%), #100이하(4%) 총100%] 있는 타잎으로서 쉽게 제조될 수 있고 또한 표24에서처럼 전체 접착제배합조건에서 모두 만족한 결과를 올리고 있고 표면성도 좋으므로 경제면을 고려한다면 가장 좋은 것이라고 할 것이다. 표24,25에서 알 수 있듯이 숯의 입자가 작을 수록 동일접착제 첨가량이라도 수분이 적으면 제조가 안되고 수분 요구량이 많아지며 따라서 열압시 건식열압스케줄로는 제품이 제조되지 않으므로 수증기배출단계를 갖도록 하여 평판이 안되도록 3단계 열압스케줄을 사용하여 성공적으로 제조하였다. MDI 숯파티클 혼합형이 강도와 표면성 모든 면에서 가장 우수하였다. 제조된 숯보드는 흡수를 많이 하여도 표24와 같이 두께팽윤율이 0에 가까우므로 고도의 치수안정성을 발현하고 있다.

Table 24. 숯파티클 크기에 따른 접착제 배합비율과 보드형성

| 숯파티클 크기 (메쉬) | P20 ^{*1} MC70 | P13 MC46 | P13 MC36 | P10 MC23 | P15M5 MC36 | P10M10 MC36 | M15 MC25 | M20 MC20 | UF15 MC20 |
|-------------------|---------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------|----------------|-------------|-------------|--------------|
| | F ^{*2} H MC | F H MC | F H MC | F H MC | F H MC | F H MC | F H MC | F H MC | F H MC |
| 6 이상 | x x x | x x x | x x x | 0 x x | 0 △ x | 0 △ △ | 0 △ 0 | 0 △ 0 | △ △ 0 |
| 6-12 | x x 과다 | 0 x 과다 | 0 △많음 | 0 △ x | 0 0 △ | 0 0 △ | 0 0 0 | 0 0 0 | 0 0 0 |
| 12-18 | x x 과다 | 0 x 과다 | 0 △많음 | 0 0 0 | 0 0 △ | 0 0 0 | 0 0 0 | 0 0 0 | 0 0 0 |
| 18-40 | x x 과다 | 0 △ 0 | 0 0 0 | - | 0 0 0 | 0 0 0 | △ △ x | - | △ △ x |
| 40-60 | 0 0 0 | 0 0 0 | △△부 족 | x x x | 0 0 60% ^{*4} | 0 0 47% | MC30양 호 | x x x | x x x |
| 60-100 | 0 0 △ | 0 △ △ | x x 부족 | x x x | 0 △60% | 0 △ 47% | MC40양 호 | x x x | x x x |
| 100-200 | 0 △부족 ^{*3} | x △부족 | x x x | x x x | 0 △60% | 0 △ 47% | - | x x x | x x x |
| 혼합형 ^{*3} | 0 0 0 | 0 0 0 | 0 0 0 | 0 0 △ | 0 0 0 | 0 0 0 | 0 0 0 | 0 0 0 | 0 0 0 |

*1: P:PVA, 폴리초산비닐에밀존접착제, M:MDI, 메칠디이소시아네이트접착제, MC:매트최종흡수율, 접착제 뒤의 숫자는 숯 전건중량에 대한 접착제 전건중량 첨가율(%), 예 P13%:PVA 13%

*2: F=Forming(성형), H: Hot Pressing(열압성 및 표면성), MC: Moisture content 적정성, (매트의 열압 전 총 흡수율)

*3: Mix 형(혼합형):6메쉬 이하로 분쇄기에서 적정 시간 동안 분쇄한 후 다음과 같은 비율로 혼합된 경우 #6-12(7%), #12-18(14%), #18-40(43%), #40-60(23%), #60-100(9%), #100이하(4%) 총100%

*4: 수분부족으로 기재된 흡수율이 되어야 숯보드 제조됨 * 0: 양호, △:보통 X: 불량



숯보드(#40~60 형)

숯보드(혼합형)

활성탄보드

그림 1. 기능성숯보드 및 활성탄보드

Table 25. 다공질탄소 숯보드의 물리적 성질

| 숯크기 메쉬 | 접착제조건 ¹ | 밀도(g/cm ³) | | 흡수율(%) | | 두께팽윤율(%) | | 흡수율(%) | |
|-----------|-------------------------------|------------------------|-----|------------|-----|----------|-----|------------|-----|
| | | Mean±SD | DUN | Mean±SD | DUN | Mean±SD | DUN | Mean±SD | DUN |
| 6이상 | (소) M15%,MC25% | 0.73±0.006 | D | 7.94±0.12 | C | 0 | | 13.06±0.43 | B |
| | (소) UF ² 15%,MC20% | 0.68±0.006 | C | 2.5±0.13 | B | 0 | | 39.38±1.08 | C |
| | (소) P10%M5%MC24% | 0.61±0.015 | B | 2.28±0.17 | B | 0 | | 43.03±0.75 | D |
| | (대) M15%,MC25% | 0.74±0.006 | D | 8.54±0.09 | D | 0 | | 11.00±0.50 | A |
| | (대) UF15%,MC20% | 0.65±0.006 | C | 1.86±0.17 | A | 0 | | 46.29±0.20 | E |
| | (대) P10%M5%MC24% | 0.50±0.026 | A | 1.58±0.09 | A | 0 | | 54.88±0.22 | F |
| 6~12 | P10%,MC40% | 0.75±0.01 | E | 13.32±0.53 | F | 0 | | 50.18±0.32 | E F |
| | M15%,MC25% | 0.64±0.01 | D | 3.77±0.31 | C | 0 | | 15.69±0.4 | A |
| | P10%,M5%,MC36% | 0.41±0.04 | A | 4.37±0.13 | D | 0 | | 39.2±1.2 | C |
| | UF15%,MC20% | 0.66±0.01 | D | 4.46±0.25 | D | 0 | | 31.8±0.6 | B |
| | P12.6%,MC36% | 0.56±0.01 | B C | 5.79±0.13 | E | 0 | | 50.8±2.8 | F |
| | P10%,M10%,MC36% | 0.53±0.02 | B | 3.69±0.08 | C | 0 | | 45.57±1.34 | D |
| | P15%,M5%,MC30% | 0.58±0.01 | C | 2.78±0.1 | B | 0 | | 44.8±1.5 | D |
| 12~18 | P10% MC40% | 0.67±0.01 | C | 2.61±0.03 | B | 0 | | 51.98±0.12 | D |
| | M15% MC25% | 0.67±0.02 | C | 2±0.11 | A | 0 | | 13.52±0.07 | A |
| | P12.6% MC47% | 0.58±0.01 | B | 5.34±0.27 | C | 0 | | 51.5±0.56 | D |
| | P10%,M10%,MC36% | 0.54±0.01 | A | 2.86±0.11 | B | 0 | | 39.03±1.01 | B |
| | P15%,M5%,MC40% | 0.56±0.01 | A | 2.69±0.03 | B | 0 | | 45.53±0.31 | C |
| 18~40 | M15%,MC30% | 0.57±0.01 | B | 2.32±0.11 | A | 0 | | 12.93±0.25 | A |
| | P12.6%,MC47% | 0.55±0.01 | A | 3.48±0.05 | B | 0 | | 65.8±1.1 | E |
| | P12.6%,MC36% | 0.65±0.01 | D | 5.79±0.15 | C | 0 | | 52.57±0.57 | D |
| | P10%,M10%,MC36% | 0.54±0.01 | A | 2.69±0.1 | A | 0 | | 36.73±1.72 | B |
| | P15%,M5%,MC36% | 0.62±0.01 | C | 2.79±0.35 | A | 0 | | 40.73±0.61 | C |
| 40~60 | M15%,MC30% | 0.73±0.01 | C | 2.07±0.07 | A B | 0 | | 19.73±0.4 | A |
| | P20%,MC70% | 0.67±0.02 | B | 4.42±0.12 | D | 0 | | 24.6±0.1 | B |
| | P12.6%,MC47% | 0.62±0.01 | A | 3.38±0.05 | C | 0 | | 146.2±0.41 | D |
| | P10%,M10%47% | 0.68±0.01 | B | 2.35±0.14 | B | 0 | | 49.57±0.86 | E |
| | P15%,M5%,MC60% | 0.71±0.01 | C | 2.21±0.1 | B | 0 | | 43.37±0.49 | C |

| | | | | | | | | |
|----------------|-----------------|------------|-----------|-----------|-----|------------|------------|---|
| 60~100 | M15%,MC40% | 0.72±0.01 | B | 2.52±0.08 | B | 0 | 13.03±0.42 | A |
| | P21%,MC70% | 0.72±0.02 | B | 4.73±0.16 | D | 0 | 41.67±0.12 | B |
| | P12.6%,MC47% | 0.73±0.01 | B | 3.25±0.15 | C | 0 | 56.97±0.45 | D |
| | P10%,M10%,MC47% | 0.66±0.01 | A | 2.33±0.1 | A B | 0 | 40.83±0.35 | B |
| | P15%,M5%,MC60% | 0.73±0.02 | B | 2.13±0.02 | A B | 0 | 47.6±0.56 | C |
| 100~200 | P20%,MC70% | 0.65±0.01 | A | 3.54±0.02 | C | 0 | 51.07±0.31 | C |
| | P10%,M10%,MC47% | 0.75±0.01 | C | 2.23±0.03 | B | 0 | 45±0.26 | A |
| | P15%,M5%,MC60% | 0.73±0.01 | B | 2.12±0.01 | A | 0 | 46.67±0.65 | B |
| MIX형 | P10%,MC40% | 0.76±0.006 | G | 3.67±0.12 | E | 0 | 44.46±0.1 | H |
| | M15%,MC25% | 0.65±0.006 | D E | 1.77±0.21 | B | 0 | 20.55±0.37 | C |
| | M25%,MC20% | 0.86±0.006 | H | 2.47±0.08 | C | 0 | 7.75±0.17 | A |
| | P20%,MC70% | 0.65±0.012 | D E | 3.44±0.03 | E | 0 | 35.4±0.4 | F |
| | P12.6%,MC47% | 0.62±0.006 | C | 5.8±0.16 | I | 0 | 39.03±0.97 | G |
| | P12.6%,MC36% | 0.61±0.006 | C | 3.5±0.17 | E | 0 | 50.1±1.4 | I |
| | P5%,M5%,MC30% | 0.62±0.006 | C | 4.32±0.02 | F | 0 | 38.1±0.3 | G |
| | M20%,MC30% | 0.65±0.006 | D | 5.26±0.18 | H | 0 | 13.63±0.21 | B |
| | UF15%,MC20% | 0.67±0.006 | E | 4.53±0.02 | F | 0 | 38.2±0.2 | G |
| | P10%,M10%,MC36% | 0.62±0.00 | C | 4.98±0.03 | G | 0 | 28.47±0.25 | D |
| P15%,M5%,MC36% | 0.58±0.006 | B | 2.39±0.06 | C | 0 | 28.37±0.15 | D | |

*1: 접착제조건에서 P: PVA(폴리비닐아세테이트에멀존)접착제, M:MDI(메칠디아이스시아네이트)접착제, MC:매트의 열압기 투입 직전 매트 총 함수율이고 접착제 %는 숯 전건중량에 대한 접착제 전건중량 첨가율. *2: 일반목질재료 제조용 요소수지로서 숯보드의 경우 혼합형과 6-12메쉬 크기에서는 제조가능함

Table 26. 다공질탄소 숯보드의 기계적 성질

| 숯크기 메쉬 | 접착제배합조건 ^{*1} | M O R (kgf/cm ²) | | M O E (kgf/cm ²) | | 박리강도 (kgf/cm ²) | |
|----------------|--------------------------------|---------------------------------|-------------|---------------------------------|------------|--------------------------------|-----|
| | | Mean±SD | DUN | Mean±SD | DUN | Mean±SD | DUN |
| 6이상 | (소) M15%,MC25% | 17.47±0.56 | D | 3934±652.04 | C | 2.51±0.12 | A |
| | (소) UF ^{*2} 15%,MC20% | 20.96±0.16 | E | 2811.3±39.31 | B | 5.88±0.84 | D |
| | (소) P10%M5%MC24% | 9.89±0.29 | A | 940.67±57.2 | A | 4.89±0.49 | C D |
| | (대) M15%,MC25% | 32.42±0.54 | F | 3548±96.58 | C | 4.11±1.18 | B C |
| | (대) UF15%,MC20% | 11.17±0.42 | B | 1128±81.22 | A | 3.02±0.21 | A B |
| | (대) P10%M5%MC24% | 12.01±0.73 | C | 1178.1±32.15 | A | 2.06±0.55 | A |
| 6-12 | P10%,MC40% | 7.43±0.13 | B | 405.67±45 | A | 3.89±0.19 | A |
| | M15%,MC25% | 24.39±1.44 | E | 4263.33±120.6 | E | 6.56±0.18 | B |
| | P10%,M5%,MC36% | 3.79±0.54 | A | 859.67±4.04 | B | 8.23±0.11 | C |
| | UF15%,MC20% | 24.5±1.1 | E | 1703±139.12 | C | 8.88±0.16 | D |
| | P12.6%,MC36% | 10.66±0.24 | C | 841±13.75 | B | 3.66±0.18 | A |
| | P10%,M10%,MC36% | 21.49±0.97 | D | 1894±29.51 | C | 8.08±0.13 | C |
| P15%,M5%,MC40% | 26.15±0.57 | E F | 1848±100.06 | C | 12.41±0.17 | E | |

| | | | | | | | |
|---------|-----------------|------------|---|--------------------|-----|------------|---|
| 12~18 | P10% MC40% | 12.64±0.42 | A | 944±87.62 | A | 3.99±0.15 | A |
| | M15% MC25% | 28.22±0.5 | C | 4210.67±49.8 | E | 4.02±0.3 | A |
| | P12.6% MC47% | 17.53±0.76 | B | 1242.33±81.03 | B | 5.94±0.23 | B |
| | P10%,M10%,MC36% | 29.62±1.06 | C | 2159.67±55.77 | C | 6.23±0.12 | B |
| | P15%,M5%,MC40% | 28.43±0.84 | C | 2397±110.53 | D | 12.44±0.86 | C |
| 18~40 | M15%,MC30% | 24.03±0.59 | C | 2947.3±51.5 | C | 7.48±0.39 | B |
| | P12.6%,MC47% | 20.63±0.15 | B | 1340.67±17.9 | A | 6.62±0.44 | B |
| | P12.6%,MC36% | 17.83±0.35 | A | 1285.67±22.94 | A | 11.7±0.75 | C |
| | P10%,M10%,MC36% | 29.59±0.83 | D | 2628.33±89.76 | B | 4.51±0.04 | A |
| | P15%,M5%,MC36% | 32.97±0.13 | E | 3253.67±58.53 | D | 10.63±0.13 | C |
| 40~60 | M15%,MC30% | 43.37±1.03 | C | 4822.23±75.5 | D | 6.87±0.5 | B |
| | P20%,MC70% | 43.02±0.67 | C | 3648.33±15.18 | B | 24.14±0.54 | E |
| | P12.6%,MC47% | 23.87±0.25 | A | 1781.33±56.31 | A | 4.93±0.28 | A |
| | P10%,M10%,MC47% | 39.47±0.85 | B | 4204.33 6± 9.29 | C | 14.58±0.28 | C |
| | P15%,M5%,MC60% | 49.35±1.57 | D | 5221±58.13 | E | 28.09±0.86 | F |
| 60~100 | M15%,MC40% | 27±1.42 | B | 3866.33±119 | B | 4.57±0.25 | B |
| | P21%,MC70% | 44.71±0.03 | D | 5228.33±6.66 | C | 8.22±0.04 | C |
| | P12.6%,MC36% | 9.39±0.06 | A | 1391.3±29.16 | A | 2.24±0.09 | A |
| | P10%,M10%,MC47% | 41.3±0.05 | C | 4763±44.53 | D | 14.08±0.16 | D |
| | P15%,M5%,MC60% | 43.41±0.06 | D | 5167.67±29.14 | E | 19.88±0.19 | E |
| 100~200 | P20%,MC70% | 38.28±0.35 | C | 3135±46.81 | B | 4.38±0.15 | A |
| | P10%,M10%,MC47% | 20.53±0.61 | A | 2923±41.02 | A | 5.98±0.26 | B |
| | P15%,M5%,MC60% | 29.17±0.37 | B | 3824±95.28 | C | 8.23±0.22 | C |
| MIX형 | P10%,MC40% | 12.97±0.15 | B | 1124±98.57 | B | 3.81±0.26 | B |
| | M15%,MC25% | 30.5±0.74 | F | 6097.6±104.3 | H | 6.46±0.04 | E |
| | M25%,MC20% | 70.63±0.44 | K | 2257.3±260 | J | 7.72±0.24 | G |
| | P20%,MC70% | 30.48±0.64 | F | 3525±36.51 | F | 9.13±0.11 | I |
| | P12.6%,MC47% | 23.35±1.08 | D | 2145±84.48 | C D | 6.73±0.16 | E |
| | P12.6%,MC36% | 20.41±0.14 | C | 2163.3±101.04 | D | 8.51±0.15 | H |
| | P5%,M5%,MC30% | 19.27±0.72 | C | 1826.6±96.09 | C D | 2.06±0.2 | A |
| | M20%,MC30% | 33.5±0.82 | G | 3085.3±149.9 | E | 7.29±0.13 | F |
| | UF15%,MC20% | 26.57±0.93 | E | 837.6±285.6 | C D | 5.16±0.12 | C |
| | P10%,M10%,MC36% | 36.83±0.31 | H | 3308.3±178.5 | E F | 9.55±0.07 | J |
| | P15%,M5%,MC36% | 43.96±1.45 | I | 3831±103.59 | G | 8.57±0.15 | H |

*1: 접착제조건에서 P: PVA(폴리비닐아세테이트에멀존)접착제, M:MDI(메칠디아이소시아네이트)접착제, MC:매트의 열압기 투입 직전 매트 총 함수율이고 접착제 %는 숯 전건중량에 대한 접착제 전건중량 첨가율. *2: 일반목질재료 제조용 요소수지로서 숯보드의 경우 혼합형과 6-12메쉬 크기에서는 제조가능함

나. 활성탄숯보드의 제품개발

야자수활성탄은 숯보다 수분의 흡착이 매우 높아 매트와 최종함수율이 40%이하일 때는 성형성이 떨어졌으며 표27과같이 보드제조가 어려웠다. 따라서 건식방법으로는 제조할 수가 없었고 MDI접착제와 PVA에말존를 각각 10%씩 사용할 경우에는 함수율을 30%까지 낮출 수가 있었으며 휨강도는 17.5kgf/cm²로서 백탄숯보드보다 휨강도는 떨어져 T-IB의 KS휨강도를 만족시켰다. 백탄 숯보드와 마찬가지로 활성탄보드는 함수를 많이 하여도 두께팽윤율은 0로서 역시 고도의 치수안정을 발현하였으며 활성탄보드는 에틸렌가스를 주입하자마자 흡착하기 시작하여 흡착속도가 가장 빨라 3시간에 표27과같이 잔류가스농도가 1ppm 단위로 떨어지는 기능을 보유하고 있었다.

Table 27. 활성탄숯보드의 에틸렌 흡착력

| 시간(hr) | 대비구 * 1 | 활성탄 | | | | | | | |
|--------|------------|------|------|-------|------|------|-------|-------|--------|
| | | M5% | P15% | MC40% | M5% | P15% | MC50% | M20 | MC 50% |
| 0 | 17.8 | 8.03 | | | 7.33 | | | 11.55 | |
| 3 | 17.53 | 1.91 | | | 1.06 | | | 1.62 | |
| 6 | 16.4 | 1.22 | | | 1.03 | | | 1.38 | |
| 12 | 16.02 | 1.20 | | | 1.02 | | | 1.40 | |
| 24 | 15.07 | 1.04 | | | 0.76 | | | 1.14 | |

*1: 측정용기내의 에틸렌가스 blank 농도 변화,ppm단위

Table 28.야자수활성탄보드를 위한 적정 접착제 배합비율과 보드형성

| 매트 함수율(%) | M5P10 | | M10P5 | | M10P10 | | M15 | | M20 | | M5P15 | |
|-----------|-------|---|-------|---|--------|---|-----|---|-----|---|-------|---|
| | F | H | F | H | F | H | F | H | F | H | F | H |
| 30 | X | X | - | - | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 40 | X | X | X | X | 0 | 0 | △ | X | 0 | 0 | 0 | △ |
| 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | - | | | - | | - | - |

Table 29.활성탄보드의 물리적 성질

| 접착제 총첨가율 (%) | 접착제 ^{*1} 배합조건 (%) | 최종 매트 함수율 (%) | 밀도(g/cm ³) | | 함수율(%) | | 두께팽윤율(%) | | 흡수율(%) | |
|--------------------|----------------------------------|------------------------|------------------------|-----------|------------|-----------|----------|------|------------|------------|
| | | | Mean±SD | DUN | Mean±SD | DUN | Mean±SD | DUN | Mean±SD | DUN |
| 20 | M20 | 40 | 0.73±0.01 | I | 12.40±0.22 | I | 0.00 | A | 50.57±0.72 | H |
| | | 50 | 0.70±0.01 | H | 13.48±0.24 | J | 0.00 | A | 48.10±0.62 | G |
| | M15 P5 | 40 | 0.67±0.02 | FG | 3.53±0.09 | A | 0.00 | A | 40.91±0.56 | D |
| | | 50 | 0.57±0.03 | CDE | 3.68±0.19 | A | 0.00 | A | 41.37±0.38 | D |
| | M10 P10 | 40 | 0.59±0.01 | E | 5.16±0.45 | BC | 0.00 | A | 45.13±1.50 | F |
| | | 50 | 0.58±0.01 | DE | 5.21±0.01 | BC | 0.00 | A | 48.13±1.15 | G |
| | | 60 | 0.66±0.01 | F | 5.06±0.04 | B | 0.00 | A | 43.63±0.15 | E |
| | M5 P15 | 40 | 0.67±0.01 | FG | 11.25±0.15 | H | 0.00 | A | 61.67±0.42 | J |
| | | 50 | 0.69±0.01 | GH | 11.44±0.18 | H | 0.00 | A | 62.65±0.98 | J |
| | 15 | M10 P5 | 40 | 0.53±0.01 | AB | 5.44±0.01 | DEF | 0.00 | A | 58.23±0.81 |
| 50 | | | 0.54±0.01 | BC | 5.58±0.11 | F | 0.00 | A | 62.96±0.77 | J |
| 60 | | | 0.58±0.01 | E | 5.92±0.03 | G | 0.00 | A | 69.76±1.16 | K |
| M5 P10 | | 40 | 0.51±0.01 | A | 5.28±0.11 | CDE | 0.00 | A | 35.57±0.35 | B |
| | | 45 | 0.53±0.01 | AB | 5.22±0.01 | BCD | 0.00 | A | 38.50±0.10 | C |
| | | 50 | 0.53±0.01 | ABC | 5.24±0.01 | BCD | 0.00 | A | 45.70±0.75 | F |
| | | 55 | 0.54±0.01 | BC | 5.27±0.03 | CDE | 0.00 | A | 32.95±0.57 | A |
| | | 50 | 0.56±0.01 | CD | 5.48±0.07 | EF | 0.00 | A | 43.00±0.66 | E |
| | | 60 | 0.56±0.01 | CD | 5.48±0.07 | EF | 0.00 | A | 43.00±0.66 | E |

*1: 접착제조건에서 P: PVA(폴리비닐알세테이트에멀션)접착제, M:MDI(메틸디아이스시아네이트)접착제, MC:매트의 열압기 투입 직전 총 함수율이고 접착제 다음의 %는 숯 전건중량에 대한 접착제전건중량 첨가율.

Table 30. 활성탄보드의 기계적 성질

| 접착제 총첨가율 (%) | 접착제 ^{*1} 배합조건 (%) | 최종 매트 함수율 (%) | MOR (kgf/cm ²) | | MOE (kgf/cm ²) | | 박리강도 (kgf/cm ²) | |
|--------------------|----------------------------------|------------------------|-------------------------------|-----------|-------------------------------|------|--------------------------------|-----------|
| | | | Mean±SD | DUN | Mean±SD | DUN | Mean±SD | DUN |
| 20 | M20 | 40 | 13.91±0.44 | DEF | 2351±164 | C | 4.54±0.17 | CD |
| | | 50 | 15.81±0.32 | GH | 2117±99 | C | 3.72±0.34 | BCD |
| | M15 P5 | 40 | 17.40±0.77 | H | 4070±109 | E | 5.30±1.87 | DE |
| | | 50 | 14.72±1.74 | EFG | 3514±410 | D | 3.39±1.18 | BC |
| | M10 P10 | 40 | 12.39±0.92 | D | 227±82 | A | 2.50±0.10 | AB |
| | | 50 | 15.50±0.64 | FG | 299±17 | A | 6.64±0.34 | EF |
| | | 60 | 16.57±2.63 | H | 271±17 | A | 6.62±0.99 | EF |
| | M5 P15 | 40 | 17.57±0.50 | H | 1229±28 | B | 4.61±0.08 | CD |
| | | 50 | 16.16±0.40 | GH | 1364±59 | B | 7.36±0.11 | FGH |
| | 15 | M10 P5 | 40 | 3.39±0.63 | A | 38±6 | A | 1.49±0.54 |
| 50 | | | 8.45±0.20 | B | 162±15 | A | 3.47±0.08 | BC |
| 60 | | | 12.87±0.33 | D | 177±34 | A | 6.68±0.06 | EF |
| M5 P10 | | 40 | 9.53±0.61 | BC | 128±21 | A | 6.93±0.35 | FG |
| | | 45 | 10.64±0.38 | C | 146±5 | A | 6.40±0.99 | EF |
| | | 50 | 10.36±0.76 | C | 88±7 | A | 8.12±0.38 | GH |
| | | 55 | 13.05±0.07 | DE | 134±8 | A | 8.49±0.06 | H |
| | | 50 | 9.85±0.40 | BC | 180±6 | A | 6.35±0.16 | EF |
| | | 60 | 9.85±0.40 | BC | 180±6 | A | 6.35±0.16 | EF |

3. 합판의 적정 중공 면적과 공구 직경 구멍

가. 합판의 적정 개구면적:

구멍 뚫린 유공합판을 표면재로 하고 숯보드를 중심(코어)층으로 이면재(두께에 따라 강도조정됨)를 다시 합판 등으로 복합화하여 숯의 성질을 발현하되 치장과 강도를 보강하는 숯보드유공합판목질복합재료를 제조하는 경우에 그 결과를 보면 표40과 같이 가스흡착에 전혀 문제가 없었다. 구멍뚫린 유공합판을 복합화하는 경우 구멍면적(개구면적)이 전체면적의 25%정도(그림2)만으로도 이 구멍을 통하여 숯보드 표면과 직접 공기와 접촉되므로 충분히 가스흡착등 숯의 성질을 숯보드 자체와 동일하게 그대로 발현할 수 있었다. 표31에서처럼 굴참나무 백탄의 24시간후 잔존가스량은 3.29ppm , 숯보드#40-60형은 1.22 ppm, 숯보드 혼합형은 1.8 ppm으로 백탄보다 가스흡착이 더 높았고 25%개구면적을 갖는 숯보드유공합판복합재료는 #40-60형의 경우 2.67 ppm, 혼합형은 3.20 ppm으로 백탄과 동등한 효과를 가졌다.



그림 2. 숯보드 합판 복합재료의 표면재 합판개구면적을 사진

나. 유공합판의 적정구경:

25%의 유공면적이라도 그림8에서처럼 큰 구멍 5구공이나, 중간구멍 10구공이나, 작은 구멍 20구공이나에 따라 표면재의 휨강도는 다르다. 표면재이기 때문에 숯의 기능을 살리는 것이 제일 중요하며 그 다음이 미장효과이고 그 다음이 강도적 성질인데 표35에서 처럼 무공합판 2.7mm 두께의 휨강도가 630 kgf/cm², 5구공은 191±26 kgf/cm²(a), 10구공은 334 ±48 kgf/cm²(c). 20구공은 275 ±4(b)kgf/cm²로서 휨강도는 10구공의 중간구멍이 던컨의 다중검정 결과 제일 좋았다. 숯표면의 직접나출되는 모양도 원형 이외에 ◇ □ ♥ ☆ 등 여러 디자인으로 가능할 것이며 이와같이 숯보드의 가스흡착력이 그대로 살아있는 이유로는 숯 1g의 표면적이 1,200m²으로 알려져 있는데 그림 3, 그림 4와 같이 숯파티클의 주위에 묻어 있는 접착제가 100% 모두 들러 싸여 있는 것이 아니며(그림 5) 습식으로 물로 희석되어 도포된 접착제 도막의 두께(그림 6)도 1.7-17μm로서 일반 건식용 도포두께보다 매우 얇아 평균 5μm정도이다. 구멍뚫린 유공합판의 복합화는 당연히 숯의 표면이 구멍을 통하여 그대로 나출되므로 숯의 기능을 그대로 발현할 수 있었다. 이상의 결과에 따라 극히 얇은 활엽수 환공재 단판을 표면에 오버레이한 단판오버레이숯보드복합재료(그림 11)와 단판대신 표면에 유공합판을 복합화한 숯보드유공합판복합재료(그림 7)는 가스흡착기능이 전혀 숯보드와 차이가 없었다. 이러한 제품은 요구되는 강도에 따라 목질재료의 선정과 두께를 조정하여 복합재료 휨강도는 #40-60형이 162 ±13

kgf/cm², 혼합형이 164 ±7.8 kgf/cm²로 숯보드의 휨강도보다 매우 향상된 숯보드를 구성할 수 있다(예: 표면재, 2.7mm두께 합판 + 코아재, 숯보드 10mm두께 + 이면재, 합판 15mm보드 이면에 사용하는 재료는 합판, MDF, PB, 목재 등 다양한 재료를 사용할 수 있고 표면재로 사용되는 유공합판은 표면무늬단판 유공합판을 사용하여 치장효과를 한층 높힐 수 있다.)

Table 31. 다공질탄소재료 숯보드의 에틸렌가스 흡착력

| 시간 (hr) | 대비구 *1 | 백탄 | 활성탄보드 P15%M15%MC40% | 숯보드 (혼합형) *2 | | 숯보드 (#40-60형) | | 합판(개구율25%) + 숯보드 | |
|---------|--------|-------|------------------------|--------------|-------|---------------|-------|------------------|-------|
| | | | | 숯보드 | + 단판 | 숯보드 | + 단판 | #40-60형 | 혼합형 |
| 0 | 17.35 | 17.53 | 7.33 | 17.36 | 17.07 | 17.34 | 17.07 | 18.0 | 17.34 |
| 3 | 16.73 | 10.26 | 1.06 | 3.95 | 4.05 | 4.36 | 4.58 | 8.73 | 10.96 |
| 6 | 16.70 | 6.47 | 1.03 | 3.38 | 3.40 | 3.46 | 3.54 | 6.72 | 8.10 |
| 12 | 16.59 | 5.56 | 1.02 | 2.59 | 2.39 | 2.42 | 2.93 | 4.75 | 5.32 |
| 24 | 16.23 | 3.29 | 0.76 | 1.80 | 2.03 | 1.22 | 1.76 | 2.67 | 3.20 |

Table 32. 유공합판의 개구면적율에 대한 에틸렌가스 흡착력

| 시간(hr) | 대비구 *1 | 숯보드(혼합형) | | | | | 숯보드(#40-60형) | | | | |
|--------|--------|----------|-------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|-------|
| | | 개구면적율(%) | | | | | 개구면적율(%) | | | | |
| | | 0 | 25 | 50 | 75 | 100 | 0 | 25 | 50 | 75 | 100 |
| 0 | 17.53 | 18.77 | 18.00 | 17.73 | 17.43 | 17.90 | 18.67 | 17.33 | 17.70 | 17.23 | 17.17 |
| 3 | 17.80 | 13.51 | 8.73 | 8.00 | 8.00 | 7.72 | 14.07 | 10.96 | 9.44 | 9.37 | 8.74 |
| 6 | 16.40 | 10.78 | 6.72 | 6.15 | 6.15 | 5.89 | 10.69 | 8.10 | 7.17 | 6.81 | 6.15 |
| 12 | 16.92 | 7.19 | 4.75 | 4.69 | 4.69 | 4.33 | 7.38 | 5.32 | 4.65 | 4.60 | 3.86 |
| 24 | 15.07 | 3.73 | 3.06 | 3.05 | 3.00 | 2.79 | 3.74 | 3.20 | 2.83 | 2.83 | 2.67 |

*1: 측정용기내의 에틸렌가스 blank 농도 변화, ppm단위 *2: 측정용기에 숯보드(표면적:50cm²)를 장입하고 표면으로만 가스가 흡착되도록 하여 시간에 따른 용기의 에틸렌가스의 잔존 농도변화, ppm단위. 측정수치가 적은 것이 많은 가스를 흡착한 것임.

4. 기능성숯보드와 합판과의 컴포지트 공정 및 적정 제조조건 구명

가. 단판오버레이숯보드공정개발 및 제조조건

흑색의 숯보드는 특별한 경우를 제외하고 미관상 문제가 있으므로 숯보드 위에 아주 얇은 활엽수 환공재 느릅나무단판(두께 0.22mm, 단판공극율 26.9%:그림 3, 그림 4 참조)을 PVA에말존 접착제로 오버레이하여 단판오버레이가 가스흡착에 얼마나 장애가 되는냐를 검토한 결과 도포할 때 접착제도포면적을 각각 오버레이단판이 없는 숯보드자체(0%), 단판30%도포, 단판50%도포, 단판70%도포, 단판100%도포한 단판을 숯보드에 접착하여 단판오버레이한 표면 방향으로만 가스가 흡착 되도록하여 잔

존에 칠렌가스를 측정 한 결과 표32 처럼 혼합형은 1.8(숯보드자체), 2.04, 2.02, 2.05, 2.03ppm(100%도포한 단판오버레이)이고 #40-60형은 1.22(숯보드자체), 1.74, 2.06, 1.77, 1.76ppm(100%도포한 단판오버레이)으로 숯보드자체의 가스흡착과 큰 차이가 없었다. 마찬가지로 접착제 농도를 표준도포량보다 희석하여 오버레이한 경우에도 희석한 것이나 표준도포량으로 처리한 것이나 숯보드 자체의 가스흡착과 큰 차이는 없었다.(표 32참조) 따라서 아주 얇은 활엽수 환공재 단판을 표준전면도포하여 표면에 오버레이해도 단판오버레이한 숯보드의 가스흡착에는 전혀 장애가 되지 않는 결론을 얻었다. 극히 얇은 활엽수 환공재인 느릅나무단판(그림 3, 그림 4)의 공극율은 화상분석장치에 의하면 평균 26.9%로서 단판을 들고 눈에 가까이 대고 사물을 들여다 보면 단판에 나 있는 공극이 커서 그대로 사물의 윤곽이 보이게 크므로 숯보드의 외관은 환공재처럼 좋은 무늬로 치장효과를 나타내면서 숯기능을 충분히 발휘할 수 있게 되는 공정을 개발하게 되었다.(그림 7 참조

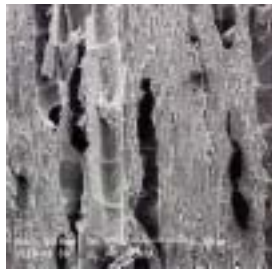


그림 3. 느릅나무단판 (정목재,방사단면)의 구멍



그림 4. 느릅나무단판의 화상분석장치의 사진(방사단면) × 10

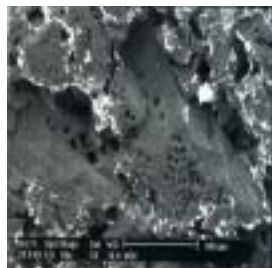


그림 5. 백탄보드 전자현미경 사진 백탄파티클의 주위 일부에 접착제가 도포되어 보드형성을 도와주고 있는 장면

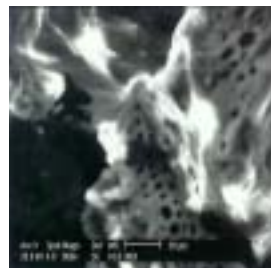


그림 6. 백탄보드 전자현미경 사진 접착제의 두께를 보여주는 사진



그림 7. 단판오버레이복합재료 숯보드조합 예
표면재:느릅나무0.22mm, 코아재:숯보드
이면재: 합판 15mm 두께



그림 8. 숯보드유공합판복합재료의 표면재
유공합판. 유공면적
25%(대형5구공,중형10구공,소형20구공)

Table33. 단판오버레이숯보드와 단판오버레이 숯-Fiber 보드의 접착제 농도변화와 접착 면적변화에 따른 가스흡착 성능

| 시간(hr) | 대비구 | MDF 면적 | | | | | 혼합형 면적 | | | | |
|--------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-----------|-------|--|
| | | CON | 30% | 50% | 70% | 100% | CON% | 30% | 50% | 70% | 100% |
| 0 | 17.35 | 17.36 | 17.34 | 17.07 | 16.86 | 17.07 | 13.52 | 13.56 | 13.75 | 13.51 | 13.24 |
| 3 | 16.73 | 12.70 | 12.83 | 12.80 | 13.57 | 13.74 | 3.95 | 4.02 | 3.88 | 3.87 | 4.05 |
| 6 | 16.70 | 7.87 | 7.97 | 7.97 | 8.04 | 8.09 | 3.38 | 3.45 | 3.48 | 3.74 | 3.40 |
| 12 | 16.59 | 6.00 | 6.23 | 6.30 | 6.37 | 6.36 | 2.59 | 2.6 | 2.64 | 2.41 | 2.39 |
| 24 | 16.23 | 3.91 | 4.12 | 4.03 | 4.07 | 4.11 | 1.80 | 2.04 | 2.02 | 2.05 | 2.03 |
| 시간(hr) | 대비구 | #40-60 면적 | | | | | 혼합형 농도 | | #40-60 농도 | | 비고 |
| | | CON | 30% | 50% | 70% | 100% | 30% | 50% | 30% | 50% | |
| 0 | 17.35 | 9.67 | 9.50 | 9.52 | 9.66 | 9.56 | 9.29 | 10.57 | 9.76 | 10.62 | 농도처리중 CON,30,50, 100는 면적처리와 같음 |
| 3 | 16.73 | 4.36 | 4.92 | 4.72 | 4.36 | 4.58 | 4.22 | 4.59 | 4.66 | 4.70 | |
| 6 | 16.70 | 3.46 | 3.56 | 3.82 | 3.67 | 3.54 | 3.53 | 3.66 | 3.77 | 3.78 | |
| 12 | 16.59 | 2.42 | 2.64 | 2.47 | 2.74 | 2.93 | 2.68 | 2.87 | 2.79 | 2.70 | |
| 24 | 16.23 | 1.22 | 1.74 | 2.06 | 1.77 | 1.76 | 2.03 | 2.00 | 1.71 | 1.85 | |



그림 9 단판오버레이 숯·파이버 보드

나. 단판오버레이 숯·파이버 보드 공정개발

가와 같이 동일한 방법으로 느릅나무 단판을 숯 파이버 보드(1년차 연구결과로 제조된 것)위에 오버레이하여 표10과 같이 숯파이버 보드자체와 같은 기능을 얻는 제품을 개발하였다

다. 숯보드와 합판의 컴포지트 제조

1-3-1에서 기술한 극히 얇은 느릅나무단판오버레이를 한 복합재료제조의 경우 100%표준도포량으로도 숯의 성질을 그대로 유지할 수 있는 조건을 구명하였고 2항에서 다루는 유공합판이나 합판과의 컴퍼지트는 적정유공면적을 25%로 얻었고 같은 유공면적이라도 적정공구수가 5구공이나 20구공보다 10구공이 적정한 조건으로 결정되었다. 물론 요구되는 강도에 따라 목질재료의 선정과 두께를 조정하여 구성할 수 있다(예: 표면재, 2.7mm두께 합판 + 코아재,숯보드 10mm두께 + 이면재,합판 15mm 두께의 복합재료 휨강도는 #40-60형이 $162 \pm 13 \text{ kgf/cm}^2$, 혼합형이 $164 \pm 7.8 \text{ kgf/cm}^2$ 로 숯보드의 휨강도보다 매우 향상됨,표33, 그림 10 참조). 숯보드 이면에 사용하는 재료는 합판,MDF, PB, 목재 등 다양한 재료를 사용할 수 있고 표면재로 사용되는 유공합판은 표면무늬단판 유공합판을 사용하여 한층 더 치장효과를 높힐 수 있을 것이다.

Table34. 유공합판의 기계적 성질

| 합판유공수 | MOR(kgf/cm ²) | | MOE(kgf/cm ²) | |
|-------|---------------------------|-----|---------------------------|-----|
| | Mean ± SD | DUN | Mean ± SD | DUN |
| 5구공 | 191 ± 26 | A | 37362±2094 | A |
| 10구공 | 334 ± 48 | C | 49098±5266 | B |
| 20구공 | 275 ± 4 | B | 43523±2452 | B |

5구공의 곡강도에 대한 파괴선
(빨간선부분)



10구공의 곡강도에 대한 파괴선
(빨간선부분)

20구공의 곡강도에 대한 파괴선
(빨간선부분)

그림 10 기능성 숯보드 복합재료를 위한 유공합판 표면재의 공구수에 따른 파괴부

Table35. 숯보드합판복합재료의 기계적 성질

| 제품 | | MOR(kgf/cm ²) | | MOE(kgf/cm ²) | |
|------------|--------|---------------------------|-----|---------------------------|-----|
| | | Mean±SD | DUN | Mean±SD | DUN |
| 합판2.7mm | // | 630.25 ± 29.31 | F | 95716 ± 25773 | A |
| | ⊥ | 214.23 ± 12.69 | D | 4458363 ± 3378792 | B |
| 합판15mm | // | 525.75 ± 17.39 | E | 40582 ± 1085 | A |
| | ⊥ | 218.18 ± 51.40 | D | 25312 ± 4430 | A |
| 숯보드 | 혼합형 | 27.07 ± 2.9 | A | 3251 ± 889 | A |
| | #40-60 | 14.93± 3.02 | A | 1405 ± 328 | A |
| 숯보드 합판복합재료 | 혼합형 | 164.15 ± 7.84 | C | 5318 ± 431 | A |
| | #40-60 | 162.05 ± 13.4 | C | 5604 ± 752 | A |

5. 제품의 물리·기계적 성질 조사

가. 물리기계적성질: 각 항목에서 이미 같이 서술함

나. 다공질탄소재료 숯보드의 기타 성질

백탄숯보드의 원적외선방사율은 표36과 같다. 일반적으로 숯은 원적외선이 높은 재료로 알려져 있으며 제조된 숯보드 #40-60형과 혼합형 모두 굴참나무 백탄과 원적외선 방사율이 동일하였다. 제조된 숯보드는 전기를 잘 통하였으며 혼합형이 #40-60형보다 더 전기 전도를 잘 시켰다. 제조된 숯보드의 열전도도는 #40-60형과 혼합형 간의 차이는 없었다.

Table 36. 다공질탄소재료 숯보드의 원적외선방사율

| 종 류 | 원적외선방사율(%)*1 | 전기전도도(Ω) | 열전도도(W/mK) |
|------------|---------------|-------------------|--------------|
| 숯보드#40-60형 | 90.21±6.14(a) | 144.0(a)*2 | 0.53±0.06(a) |
| 숯보드 혼합형 | 88.54±3.61(a) | 23.4(b) | 0.63±0.14(a) |
| 굴참나무숯 | 89.82±0.01(a) | 1.5(c) | - |

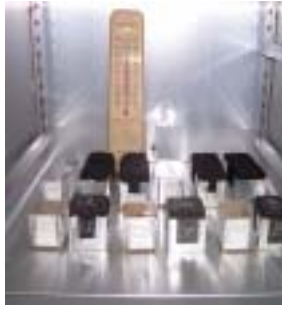
*1: 측정시 시편의 온도:50℃, 측정시파장:15 μ m, 시편의두께:0.5mm

*2: 던컨의 다중 검정

다. 과일포장재

1) 기능성숯보드의 딸기 신선도 유지효과

상대습도는 대기상태에 맞추어 변화하도록 한 25℃±1℃의 인큐베이터 안에 시중에 판매되는 딸기 상자를 대조구로 하고 제조된 기능성숯보드를 10x10x10cm의 상자로 만들어 딸기를 넣고 외관의 광택과 색 및 부패정도를 관찰하였다. 딸기포장상자는 그림 11에서와 같이 이틀이 지나면서 대조구인 종이박스의 딸기는 윤기가 없어지고 색깔이 죽으면서 희멀거졌으나 숯보드와 단판오버레이숯보드는 싱싱하였다. 3일이 지나면서 대조구는 곰팡이가 피기 시작하였으며 숯보드는 양호하였다. 3일 후부터 비가와 습도가 80%-93%까지 오르면서 5일째에는 3개 오버레이숯보드 박스 중 하나가 곰팡이가 피기 시작하였으며 6일째까지 오버레이하지 않은 숯보드상자는 유지되었다. 따라서 기능성숯보드의 딸기신선도 유지효과는 두배가 넘는 것으로 나타났다.



인큐베이터 내의 딸기상자 시험



2일째 대조구, 숯보드 및 단판오
버레이숯보드상자



4일째 대조구, 숯보드 및 단판오
버레이숯보드상자



4일째 대조구, 숯보드상자



6일째 대조구는 곰팡이로 덮힘



6일째 숯보드는 아직 싱싱함

그림 11 기능성숯보드의 딸기 신선도 유지효과

6. 참고문헌

- 1) Oh, Seung Won, Hirose T. and Okabe T. 2000. Manufacturing characteristics of woodceramics from thinned small long(I)(II). Mokchae Konhak 28(4):50-60
- 2) Park, S.B., and Kwon, S.D., New use of bamboo (II)-Development of carbonizing furnace and carboizing schedule for bamboo, Forest Science Technical Report 59:17-24(1998)의 (I),(IV)
- 3) 석현덕, 장철수. 1999. 소경목·불량목등 목질계폐자원을 이용하여 가공된 목탄·목초액의 농수축산업에서의 실용화 및 산업화 연구. 한국농촌 경제연구원 연구보고.
- 4) 이동욱, 김병로. 2002. 목질계폐잔재 탄화물의 수질정화효과. 목재공학30(1):34-39
- 5) 이화형, 김관의. 2003. 습식공법으로 제조한 목탄-목재섬유복합재료의 에틸렌가스 흡착력과 과일신선도 유지효과. 한국가구학회지 14(1): 1-10
- 6) 이화형, 김관의. 2003. 점토목재파티클보드로 제조된 Clay-Woodceramics의 성질. 목재공학 31(5) 80-87

제 3절 3년차 연구수행 결과

1. 재료 및 방법

가. 재료

1) 공시백탄

백탄은 강원도 홍천산 25년생 이상의 굴참나무(*Quercus variabilis* BL.)를 원료로 사용하였다. 백탄을 분쇄하여 #40~60메쉬와 혼합형[6메쉬 이하로 분쇄기에서 적정 시간 동안 분쇄한 후 다음과 같은 비율로 혼합된 경우 #6~12(7%), #12~18(14%), #18~40(43%), #40~60(23%), #60~100(9%), #100이하(4%) 총100%]의 두 종류를 사용하였다.

2) 활성탄

활성탄은 국내에 가장 많이 보급되는 야자수활성탄을 사용하였으며 탄입의 크기는 6~18메쉬 정도였다.

3) 표층처리재료

무늬박엽지(Printed thin paper, 두께0.04mm, 평량40g/m²)와 부직포(Non woven fabric, 두께0.12mm, 공극율39.3%)을 사용하였다.

4) 접착제

비포르말린계 접착제로서 수성비닐계접착제(PVA:초산비닐수지에말준, 불휘발분 42%)와 이소시아네이트계(MDI:메칠다이소시아네이트, 불휘발분 100%)수지를 혼합하여 접착제로 사용하였다.

나. 실험방법

1) 숯보드의 제조

숯보드의 제조는 PVA와 MDI수지를 숯전건중량당 혼합형의 경우 PVA15%, MDI5%, 수분36%, #40~60의 경우 PVA15%, MDI5%, 수분 50%로 하여 열압온도 170℃, 3단계열압스케줄로 30-10-30kgf/cm²(1분-1분30초-6분)을 적용하여 제조하였다. 각 조건당 4반복씩 크기는 가로20cm×세로20cm×두께1cm의 크기로 제조하였다.

2) 숯보드의 물리·기계적성질 조사

숯보드의 물리·기계적 성질은 KS F 3104(1997)에 의거하여 측정하였으며 전기전도도는 601 MultiMeter(QTM-500, 제조사:HongChang)를 사용하여 측정하였다. 열전도율은 Quick Thermal Conductivity Meter(QTM-500, 제조사:KYOTO

ELECTRONICS)를 사용하여 측정하였다.

3) 숯보드의 에틸렌가스(C_2H_2) 흡착량 측정

에틸렌가스(C_2H_2) 흡착량은 Gas chromatatograph(DC-14B, 제조사:SHIMADZU)를 사용하여 측정하였다.

4) 숯보드의 원적외선방사율 측정

원적외선방사율 측정은 FT-IR을 사용하여 측정하였다.

5) 통계처리

통계처리는 던컨의 신다중검정법(Duncan's new multiple range test)으로 분석하였다.

2. 탄소보드신제품과 신소재와의 컴포지트 개발

가. 무늬인쇄박엽지 오버레이 숯보드 제조

다공질탄소재료 숯보드 제조를 위한 숯은 강원도 원주산 굴참나무 백탄을 사용하였으며 다공질탄소재료기능성보드 및 숯보드복합재료(2002년 대한민국 특허출원 : 10-2003-0048137)의 방법에 따라 제조하기 쉽고 효과가 좋은 혼합형 백탄보드로 제조하여 무늬모양을 인쇄한 박엽지를 그 위에 그림12의 좌측 그림과 같이 오버레이 하였다. 인쇄된 무늬박엽지(Pattern Thin Paper)는 평량이 $35g/m^2$, 종이두께는 $0.04mm$ 였다. 접착제는 폴리비닐초산수지에말존(PVA, 불휘발분:42%)으로 도포량은 $160g/m^2$ 으로 가열온도 $130^\circ C$, 가압력 $10Kg/cm^2$, 열압시간 2분으로 제조하였다. 표 37에서 보는 바와 같이 백탄보드 자체보다 인쇄박엽지로 오버레이한 백탄보드의 강도가 동등이상으로 나타났으며 원적외선 방사율은 표38에서 보는 바와 같이 백탄보드보다 약간 떨어졌으나 상온에서 90%이상의 방사율을 보여 원적외선 방사물질로 우수한 것을 알 수 있다. 인쇄박엽지 오버레이 숯보드의 전자파 차폐효과는 표39와 같이 오버레이를 하였어도 그 안에 숯보드가 있으면 전자파를 차폐하여 실제로 휴대폰을 인쇄박엽지 오버레이를 한 숯보드 상자안에 넣으면 휴대폰이 전혀 울리지 않는 전자파차단의 가능성을 갖고 있다. 또한 표40에서 보는 바와 같이 숯 자체보다는 숯을 보드로 만든 것이 보다 가스흡착력이 높았으며 이는 백탄을 분말 형태로 적절히 파쇄하였기 때문인 것으로 보이며 무늬인쇄박엽지로 오버레이 한 백탄보드도 백탄 자체보다 가스 흡착능력이 우수하였고 오버레이를 하지 않은 백탄보드와 별 차가 없음을 알 수 있다. 따라서 실내에 백탄 자체를 놓아두는 것보다 인쇄박엽지로

오버레이 한 숯보드를 벽재로 마감한다면 그 효과가 더 좋다는 것을 증명하는 것으로 장식성과 함께 숯 본연의 기능을 충분히 발휘하는 것으로 구명되었다.

그림12. 기능성 섬유상물질 오버레이 숯보드



- * 좌 : 무늬박엽지 오버레이 백탄보드
- * 중앙 : 부직포포장지 오버레이 백탄보드
- * 우 : 백탄보드

Table37. 오버레이에 따른 숯보드의 물리기계적 성질

| 접착제 | 두께 | 오버레이 | 밀도 (g/cm ³) | 함수율 (MC%) | 두께 팽윤율 (TS %) | 흡수율 (WA %) | 휨강도 (MOR) (kg/cm ²) | 휨탄성계수 (MOE) (kg/cm ²) | 박리강도 (IB) (kg/cm ²) |
|---------------------------|-------|--------|----------------------------|--------------|---------------------|---------------|---------------------------------------|---|---------------------------------------|
| PVA+ MDI ^{*1} | 3.5mm | 대조구 | 0.68 | 2.31 | 0 | 37.82 | 34.50 | 3688 | 11.46 |
| | | 부직포포장지 | 0.69 | 2.96 | 0 | 32.94 | 31.17 | 3620 | 17.54 |
| | | 무늬박엽지 | 0.69 | 3.86 | 0 | 43.44 | 40.60 | 4331 | 15.90 |

*1: 혼합형숯(백탄)보드 제조조건

- ①백탄과티클크기조성
 < #6~12(7%), #12~18(14%), #18~40(43%), #40~60(23%), #60~100(9%), #100이하(4%) >
- ②접착제배합조건
 P15%, M5%, MC36%(P:PVC-폴리비닐초산수지, M:MDI,Dipenylmethane diisocyanate 수지, MC:매트함수율)
- ③3단계열압공정
 [열압온도-170℃, 3단계열압스케줄: 30-10-30kgf/cm²(1분-1분30초-1분)]

Table38. 오버레이 숯보드의 원적외선 방사율

| 종류 | 40℃ | | 50℃ | |
|----------------|--------|----------------|--------|----------------|
| | 방사율(%) | 방사에너지(100W/m²) | 방사율(%) | 방사에너지(100W/m²) |
| 숯보드(혼합형) 대조구*1 | 0.932 | 3.76 | 0.929 | 4.31 |
| 오버레이 숯보드 | 부직포포장지 | 0.911 | - | - |
| | 무늬박엽지 | 0.902 | - | - |
| 활성탄보드 | 0.930 | 3.75 | 0.926 | 4.30 |
| 소나무 | 0.907 | 3.66 | 0.902 | 4.19 |
| 참나무 | 0.906 | 3.65 | 0.903 | 4.19 |

*1 : 혼합형숯(백탄)보드 제조조건은 표1과 동일

Table39. 오버레이 숯보드의 전자파 차폐효과

| 종류 | Frequency(MHz) | Shielding Effectiveness(dB) | Shielding Effectiveness(%) |
|--------------|----------------|-----------------------------|----------------------------|
| 백탄보드 혼합형 | 10-1,000 | 17-37 | 98.00-99.98 |
| 무늬박엽지오버레이숯보드 | 10-1,000 | 17-37 | 98.00-99.98 |

*시험환경: 24±2℃, 43±5% R.H,

*시험방법: ASTM D4935-89

Table40. 오버레이 숯보드의 에틸렌가스 흡착기능

| 시간 | 대조구 1*1 빈용기 | 대조구 2 숯(백탄) | 대조구 3 숯(백탄)보드*2 | 무늬박엽지 오버레이 숯보드 | 부직포포장지 오버레이 숯보드 |
|----|----------------|----------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| 0 | 17.83 | 17.55 | 17.90 | 17.75 | 17.45 |
| 3 | 17.50 | 10.26 | 7.72 | 7.48 | 7.33 |
| 6 | 17.40 | 6.47 | 5.59 | 5.12 | 5.48 |
| 12 | 17.22 | 5.56 | 4.33 | 3.45 | 3.82 |
| 24 | 17.07 | 3.29 | 2.24 | 2.85 | 2.73 |

*1: 측정용기내의 에틸렌가스 blank 농도변화, ppm단위

*2: 측정용기에 숯보드(크기:5cm×5cm×0.35cm)를 장입하고 표면으로만 가스가 흡착 되도록 하여 시간에 따른 용기의 에틸렌가스의 잔존 농도변화, ppm단위. 측정수치가 적은 것이 많은 가스를 흡착한 것임

나. 화학섬유부직포포장지 오버레이 숯보드 제조

가와 같이 다공질탄소재료 숯보드 제조를 위한 숯은 강원도 원주산 굴참나무 백탄을 사용하였으며 다공질탄소재료기능성보드 및 숯보드복합재료제조(2002년 대한민국 특허출원 : 10-2003-0048137)의 방법에 따라 제조하기 쉽고 효과가 좋은 혼합형 백탄보드로 제조하여 여러 가지색으로 시중에 판매되는 폴리프로피렌부직포 포장지를 오버레이 하였다. 부직포포장지는 평량이 $30\text{g}/\text{m}^2$, 두께는 0.12mm 였고 포장지를 통하여 사물을 보면 형태를 확연히 볼 수 있을 정도로 공극율이 39.3%로 매우 높았다. 접착제는 폴리비닐초산수지에말존(PVA, 불휘발분:42%)으로 도포량은 $80\text{g}/\text{m}^2$ 로 가열온도 100°C , 가압력 $10\text{Kg}/\text{cm}^2$, 열압시간 2분으로 Fig1의 중과 같이 제조하였다. 표37에서 보는 바와 같이 백탄보드 자체보다 부직포포장지 오버레이 백탄보드의 곡강도는 다소 떨어지나 박리강도는 높아 전체적으로 별 차이가 없음을 알 수 있었다. 원적외선 방사율은 표38에서 보는 바와 같이 백탄보드보다 약간 떨어졌으나 상온에서 90%이상의 방사율을 보여 원적외선 방사물질로 우수한 것을 알 수 있었다. 또한 표40에서 보는 바와 같이 부직포포장지 오버레이 백탄보드는 숯 자체보다 가스흡착능력이 높았으며 무늬박엽지 오버레이 백탄보드나 오버레이 하지 않은 백탄보드와 별 차이가 없음을 알 수 있었다. 따라서 무늬박엽지 오버레이 백탄보드와 같이 부직포포장지 오버레이 백탄보드로 실내벽재로 마감을 한다면 실내에 백탄을 놓아두는 것 보다 더 좋은 효과를 나타낸다는 것을 증명하는 것으로 장식성과 함께 숯의 기능을 충분히 발휘하는 것으로 구명되었다.

3. 탄소보드 신제품과 이종재료 복합구조의 공기유입구 구명

가. 목재 및 목질재료와 숯보드 복합재료의 뒷면에 위치한 숯보드의 숯의 성질을 나타내기 위한 공기유입공극구조와 관련한 공기유입구의 적정비율

다공질 탄소재료 숯보드 제조를 위한 숯은 강원도 원주산 굴참나무 백탄과 야자열매 껍질을 원료로 만든 수입산 활성탄(탄입 6~18메쉬)을 사용하였으며 다공질 탄소재료기능성보드 및 숯보드복합재료제조(2002년 대한민국 특허출원:10-2003-0048137) 방법에 따라 백탄보드는 제조하기 쉽고 효과가 좋은 혼합형으로 제조하여 복합재료를 제조하였다. 본 실험에서는 표면의 장식성을 나타내는 목재 및 목질재료의 뒷면에 구성된 숯보드의 숯의 성질을 나타내기 위한 복합재료 간의 이음에서 슬라이더식(그림13), 사이딩식(그림14), 루버식(그림15)에서 공기유입공극구조(공기유입구면적)를 두어 뒷면의 숯보드의 기능을 활성화시키도록 숯보드 전체면적에 대한 공기유입간극의 유입구면적의 비율이 어떻게 숯의 기능성을 살리는지를 구명하는데 초점을 두었다. 표 41에서와 같이 복합재료간 이음새의 공기유입공극구조의 유입구면적 비율에 따른 복합재료 뒷면 숯보드의 에틸렌가스 흡착 성능을 살펴보면, 백탄보드면

적 대비 공기유입공극구조의 유입구면적비율이 20%의 경우, 3시간이 지나면 실내벽 뒷면에 위치한 백탄보드가 실내앞면 표면에 전부 100% 노출된 것과 동일한 결과를 가져오며 가스의 약 55%를 흡착하고 가스잔존량이 45%정도 되었다. 공기유입구면 적비율이 10%의 경우, 6시간 후에 실내벽 뒷면에 위치한 복합재료 뒤쪽의 백탄보드가 실내벽 앞면 표면에 전부 100% 노출된 것과 동일한 효과를 나타냈고, 공기유입 간극의 유입구면적비율이 5%의 경우 24시간 후에 실내벽 뒷면에 위치한 백탄보드가 실내앞면 표면에 전부 100% 노출된 것과 동일한 효과를 나타내었다. 공기유입공 극구조의 유입구면적비율이 2.5%로 작아지더라도 실내벽 뒷면에 위치한 활성탄보드가 12시간 안에 약 90%의 가스를 흡착하여 실내 앞면 표면에 활성탄보드가 100% 노출된 것과 동일한 효과를 나타내었다. 따라서 복합재료 간의 이음에서 슬라이더 식, 사이딩식, 루버식에서 숯보드면적에 대한 공기유입공극구조의 유입구면적비율을 5%로 할 경우 복합재료의 뒷면에 위치한 활성탄보드는 12시간안에 백탄보드는 24 시간 안에 숯보드가 실내 앞면 표면에 100% 노출한 것과 같이 동등한 흡착기능을 발휘하는 것을 구명하므로써 주거용기능성재료로서 표면은 목재 및 목질재료의 자연미와 목재의 장점을 살리면서도 뒷면에 위치한 숯의 특성을 살릴 수 있었다.

Fig13. Slide식 Model



Fig14. Siding식 Model

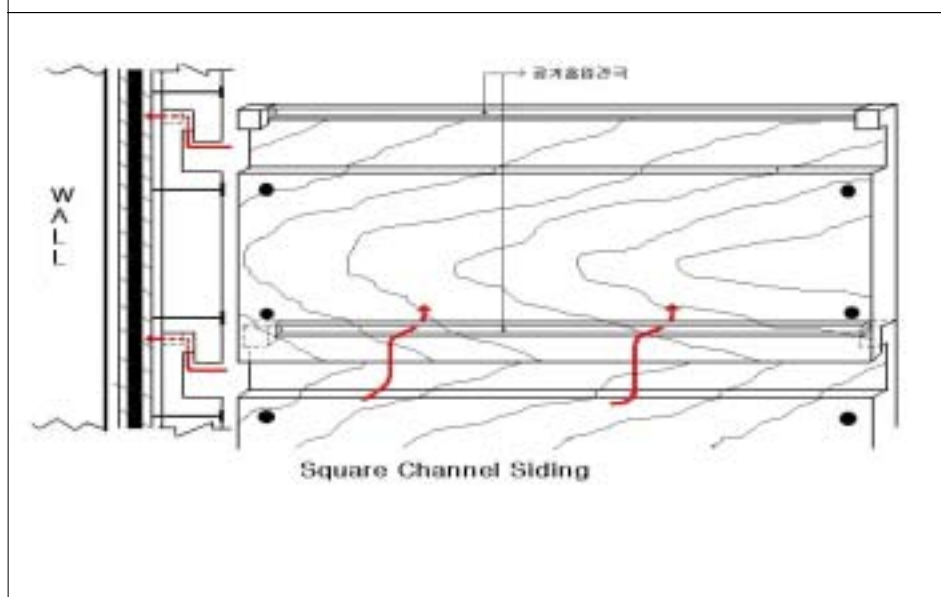


Fig15. Louver식 Model

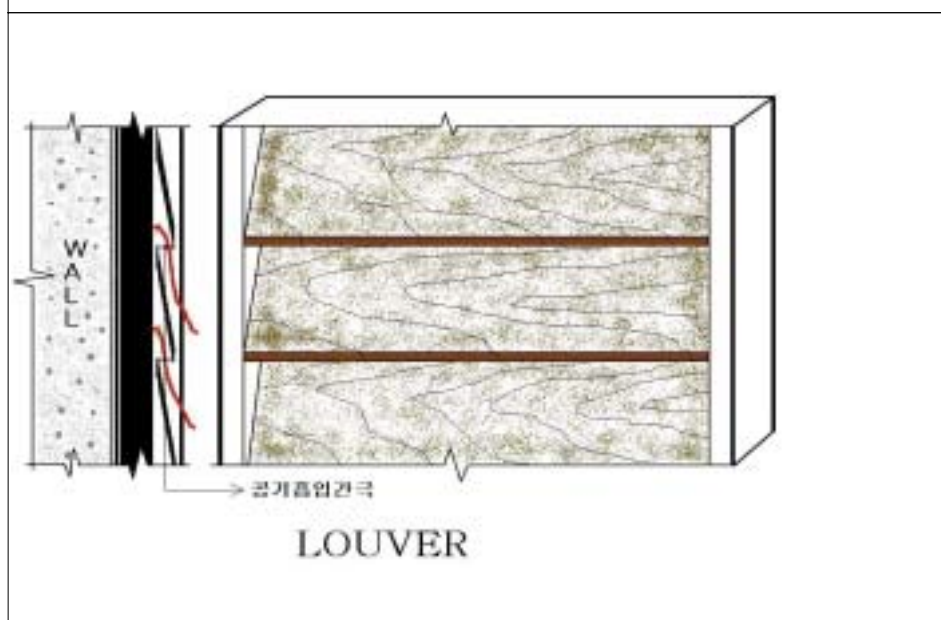


Table41. 복합재료간 이음새의 공기유입공극구조의 유입구면적비율에 따른 복합재료 뒷면 숯보드의 에틸렌가스 흡착 성능

| 흡착 시간 (hr) | 빈병 (대조구) | 백탄보드 | | | | | 활성탄보드 | | | | |
|------------|----------|---------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|------|------|
| | | 2.5%*1 | 5% | 10% | 20% | 100% | 2.5%*1 | 5% | 10% | 20% | 100% |
| 0 | 12.60*2 | 12.17*3 | 12.33 | 12.25 | 12.42 | 12.35 | 10.87 | 11.26 | 10.98 | 8.89 | 7.54 |
| 3 | 13.17 | 7.12 | 7.00 | 6.25 | 5.94 | 5.75 | 2.77 | 2.69 | 1.88 | 1.48 | 1.43 |
| 6 | 13.39 | 5.68 | 5.74 | 4.91 | 4.67 | 4.65 | 1.78 | 2.10 | 1.54 | 0.99 | 1.17 |
| 12 | 13.87 | 4.96 | 4.29 | 4.07 | 3.72 | 3.74 | 1.44 | 1.91 | 1.25 | 1.23 | 1.23 |
| 24 | 12.21 | 3.28 | 2.27 | 2.01 | 1.99 | 2.09 | 0.94 | 1.10 | 1.18 | 0.83 | 0.82 |

*1 : 복합재료 뒷면 숯보드면적대비 공기유입공극구조의 유입구면적비율(%)

*2 : 측정용기내의 에틸렌가스 blank 농도 변화, ppm단위

*3 : 측정용기에 숯보드(크기, 5cm × 5cm × 1cm)를 장입하고 표면으로만 가스가 흡착되도록 처리하여 시간에 따른 용기의 에틸렌가스의 잔존 농도변화, ppm단위. 측정수치가 적은 것이 많은 가스를 흡착한 것임.

나. 목재 및 목질재료와 숯 파티클 및 활성탄 파티클 충전상 복합구조의 숯의 성질을 나타내기 위한 공기유입공극구조에 관련한 공기유입구의 적정비율

목재 및 목질재료와 숯파티클을 충전한 상자와의 복합구조를 위한 숯은 강원도 원주산 굴참나무 백탄과 야자열매 껍질을 원료로 만든 수입산 활성탄(탄입 6~18메쉬)을 사용하였다. 본 실험에서는 숯보드 대신에 숯파티클을 상자에 넣어 뚜껑에 해당되는 외판을 숯파티클이 밖으로 나오지 않도록 하되 구멍을 뚫어 숯기능을 나타내도록 하거나 벽쪽에 숯 및 활성탄파티클충전상을 배치하는 복합구조로 하는 것이 다르다고 할 수 있다. 또한 상자뚜껑의 외판을 망으로 대신할 수 있고 필요시 숯파티클을 교환할 수 있는 장점을 갖고 있다. 사진 1에서와 같이 숯파티클충전상자의 재료는 알미늄 또는 스테리스철로 하거나 플라스틱, 또는 합판등 목질재료로서 구성할 수 있다. 본 실험의 특징은 표면에 목재 및 목질재료를 사용하여 목재의 자연스런 미와 목재의 장점을 살리고, 목재 및 목질재료의 뒷면에 구성된 숯파티클 충전상으로부터 숯의 성질을 나타내기 위한 복합구조 간의 이음방법은 2-1)과 마찬가지로 슬라이더식, 사이딩식, 루버식을 채택하며 이 방법을 사용할 때 적당한 간격(공기유통구)을 두어 뒷면의 숯의 기능을 활성화시키도록 숯파티클충전면적에 대한 공기유입공극구조의 유입구면적비율이 어떻게 숯파티클의 기능성을 살리는지를 구명하였다. 표42에서와 같이 백탄파티클충전상의 면적 대비 공기유입공극구조의 공기유입구면적비율이 20%의 경우, 3시간이 지나면 백탄파티클충전상자가 실내안쪽표면에 전부 100% 노출된 것과 동일한 가스흡착량을 나타내어 16ppm에서 1.4ppm 수준으로

떨어졌다. 공기유입구면적비율이 10%의 경우, 6시간 후에 백탄파티클충전상자가 실내안쪽표면에 전부 100% 노출된 것과 동일한 효과를 나타냈고, 공기유입공극구조의 공기유입구면적비율이 2.5%의 경우, 12시간이 지나면 가스농도가 15.31ppm에서 1.3ppm으로 1/11.8 수준으로 떨어져 백탄파티클충전상자가 실내안쪽표면에 전부 100% 노출된 것과 동일한 효과를 나타냈다. 활성탄파티클충전상자는 백탄파티클충전상자 보다 가스흡착기능이 훨씬 높아 6시간이면 15ppm 농도에서 1ppm 수준으로 떨어지는 것을 볼 수 있다. 공기유입공극구조의 공기유입구면적비율이 2.5%일 때 12시간이 지나면 가스농도가 15.31ppm에서 0.62~0.75ppm으로 1/20 수준으로 떨어지고 활성탄파티클충전상자가 실내안쪽표면에 전부 100% 노출된 것과 동일한 효과를 나타낸다. 따라서 복합구조 간의 이음방법을 슬라이더식, 사이딩식, 루버식으로 하여 시간을 두배(24시간)로 늘리고, 공기유입구도 두배(5%)로 늘리면 백탄의 경우 1/19, 활성탄의 경우 1/30 수준으로 가스농도가 떨어져 복합구조 뒷면에 위치한 숯파티클의 기능을 충분히 발휘하는 것으로 나타나 숯충전면적에 대한 공기유입공극구조의 유입구면적비율이 2.5~5%로 해도 적정함을 알 수 있다.

Table42. 복합구조의 공기유입공극구조의 유입구면적비율에 따른 복합구조 뒷면에 위치한 숯파티클충전상의 에틸렌가스 흡착 성능

| 흡착 시간 (hr) | 빈병 (대조구) | 백탄파티클충전상 | | | | | 활성탄파티클충전상 | | | | |
|------------|---------------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|------|------|
| | | 2.5% ^{*1} | 5% | 10% | 20% | 100% | 2.5% | 5% | 10% | 20% | 100% |
| 0 | 15.94 ^{*2} | 15.44 ^{*3} | 15.75 | 15.88 | 15.53 | 15.48 | 12.09 | 11.50 | 10.34 | 9.71 | 3.54 |
| 3 | 15.27 | 2.67 | 3.33 | 2.57 | 1.44 | 1.45 | 3.49 | 2.63 | 1.26 | 0.87 | 0.60 |
| 6 | 15.25 | 1.56 | 1.63 | 1.42 | 1.37 | 1.32 | 1.40 | 1.09 | 0.80 | 0.74 | 0.69 |
| 12 | 15.31 | 1.30 | 1.13 | 1.24 | 1.03 | 1.21 | 0.75 | 0.73 | 0.71 | 0.73 | 0.62 |
| 24 | 15.05 | 0.80 | 0.78 | 0.81 | 0.79 | 0.80 | 0.50 | 0.56 | 0.50 | 0.52 | 0.51 |

*1: 숯파티클충전상면적에 대한 공기유입공극구조의 유입구면적 비율(%)

*2: 측정용기내의 에틸렌가스 blank 농도 변화, ppm단위

*3: 측정용기에 숯파티클상자(표면적:25cm²)를 장입하고 상자뚜껑은 39%의 공극으로 되어 있는 망으로 만들어 숯의 기능을 표출하도록 하였다. 시간에 따라 가스가 흡착 되어 용기의 에틸렌가스의 잔존농도는 적어진다. ppm단위, 측정치수가 적은 것이 많은 가스를 흡착.

4. 제품의 물리·기계적 성질 조사

가. 물리·기계적 성질

각 항목에서 이미 같이 서술함

나. 백탄보드 과일상자의 보관성 효과

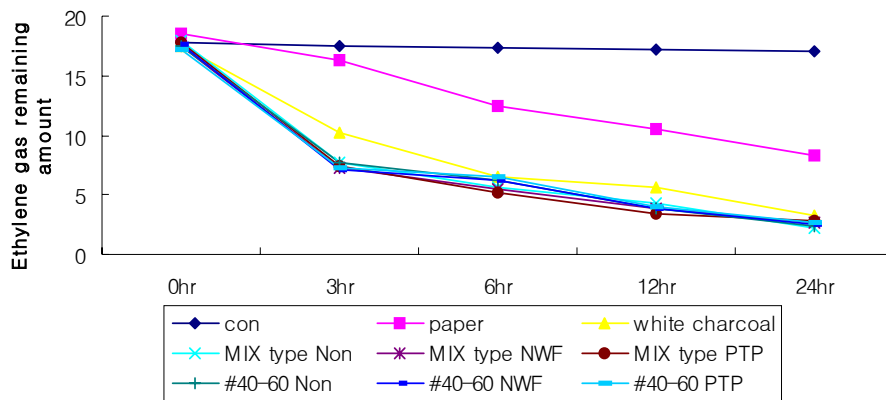
기능성 섬유상물질 오버레이 숏보드 제조에서 규명된 백탄보드의 성질(에틸렌 흡착 능력)을 활용하여 Fig12와 같이 백탄보드(혼합형:그림12의 좌, #40~60형:그림12의 우)의 표면성을 개선하기 위하여 박엽지와 부직포를 오버레이 처리한 기능성이 있는 과일포장용 상자를 제작하여, 식물의 성숙호르몬으로 알려져 있는 에틸렌가스 흡착 성능을 측정하고 딸기의 보관성을 측정하여 그 유지·효과를 구명하였다. Fig17에서 보는 바와 같이 백탄보드의 에틸렌가스 흡착은 종이보다 우수하였으며 백탄자체 보다 오히려 약간 증가하였다. 혼합형 백탄보드와 #40~60형 백탄보드의 가스 흡착성능도 큰 차이가 나타나지 않았고 오버레이 백탄보드와 비오버레이 백탄보드간의 가스 흡착성능도 큰 차이가 없었다. 또한 부직포와 박엽지의 오버레이간에도 큰 차이가 나타나지 않았다. 백탄보드 과일상자의 보관성 효과로 Fig18에서 보는 바와 같이, 2일이 지나면서 대조구인 종이상자와 PVC상자의 딸기는 유침상(油侵狀) 담갈색 병반과 잿빛곰팡이가 발생하였으나 백탄보드 상자와 표층처리 백탄보드 상자의 딸기는 4일이 지나면서 발생하였다. 5일이 지나면서 대조구의 딸기는 잿빛곰팡이로 완전히 뒤덮였으며 백탄보드 상자와 표층처리 백탄보드 상자는 6일이 지나면서 잿빛곰팡이가 덮이기 시작하였다. 표43에서 3일 후 대조구(종이상자, PVC) 딸기의 중량감소율은 백탄보드 상자내 딸기보다 2배가 많았는데, 이것이 대조구 딸기의 표면에 유침상 병반이 더 빨리 나타나는 원인으로 생각된다.

Fig16. Preservation Life experiment in incubator



- * 좌 : 백탄보드 혼합형 * 우 : 백탄보드 #40~60형
- * 중앙 : 대조구(종이상자, PVC)









Fig17. Ethylene gas adsorption by white charcoal board according to the charcoal board type and overlay material (Etylene gas amount, ppm)



- * Con : Remaining amount of ethylene gas in empty adsorption bottle
- * MIX : white charcoal board made of 6~200mesh particle,
- * #40-60 : white charcoal board made of 40~60mesh particle
- * Non : Non overlaid white charcoal board,
- * NWF : Non woven fabric, * PTP : Printed thin paper

Fig18. Freshness maintenance of strawberry

| stage type | Beginning | Middle | Ending (covered with grayfungi) |
|--------------------------|-----------|--------------|---------------------------------|
| PAPER | | after 2 days | after 5 days |
| PVC | | after 2 days | after 5 days |
| Mixed type of WCB (MWCB) | | after 4 days | after 6 days |
| NWF overlaid (MWCB) | | after 4 days | after 6 days |

| | | | | | |
|-------------------------|---|---|--------------|--|--------------|
| PTP overlaid (MWCB) |  |  | after 4 days |  | after 6 days |
| #40-60 type of WCB |  |  | after 4 days |  | after 6 days |
| NWF overlaid #40-60 WCB |  |  | after 4 days |  | after 6 days |
| PTP overlaid #40-60 WCB |  |  | after 4 days |  | after 6 days |

* Mixed type of WCB : white charcoal board made of mixed particle (6~200mesh)

* #40-60 type of WCB : white charcoal board made of 40~60mesh particle

Table43. Decreasing ratio of weight and brix of strawberry

| | Original | PAPER | PVC | White Charcoal Board | | | | | |
|--------------------------------|----------|-------|-------|----------------------|------------|------------|----------------|------------|------------|
| | | | | control #40-60 | NWF #40-60 | PTP #40-60 | control (MWCB) | NWF (MWCB) | PTP (MWCB) |
| Decreasing ratio of weight (%) | | | | | | | | | |
| after 3 days | - | 23.23 | 38.25 | 12.56 | 12.41 | 11.24 | 12.25 | 13.44 | 14.21 |
| after 6 days | - | 59.71 | 69.93 | 55.72 | 46.12 | 51.91 | 53.03 | 62.92 | 49.38 |
| Brix of strawberry (%) | | | | | | | | | |
| 6 days | 9.6 | 6.2 | 7.4 | 6.4 | 6.4 | 6.8 | 6.8 | 6.5 | 6.0 |

* Original : Original strawberry at the starting point,

* NWF : Non woven fabric

* PTP : Printed thin paper

* MWCB: Mixed type of WCB

다. 백탄보드의 장기간 반복시 에틸렌가스 흡착 능력 시험

지금까지 제조된 숯보드의 에틸렌가스 흡착 성능은 24시간에서 48시간 정도의 단기간의 효과만을 측정하여 그 효능을 검토하였다. 그러나 주거환경에 사용되는 건축재료로서의 효능은 오랜기간에 걸쳐 그 효능을 발현하여야 하므로 계획에는 없었으나 추가로 제조된 숯보드와 오버레이 숯보드의 장기간 반복 가스흡착 능력시험을 실시하여 측정·검토 하였다.

또한 과제 종료일 이후에도 3년간 지속하여 검토할 예정이다. 에틸렌가스흡착시편은 실험실내에 방치하여 계속 주거환경과 마찬가지로 조건으로 주거환경재료로서 봉사하도록 하였다. 그리고 흡착기능을 측정할 때 마다 다시 별도로 10~20ppm의 높은 농도의 에틸렌 가스를 투여하여 흡착기능을 검토하였다. 18주까지는 정상보다 매우 높은 가스의 농도에서 반복 측정하였는데도 흡착효과가 차이 없이 계속하여 우수한 흡착기능을 유지하고 있었다. 따라서 최소 1년 최대 3년까지의 연구 결과를 봐야 최종결론을 낼 수 있을 것이나 현재까지의 검토결과는 매우 우수한 흡착기능을 견지하고 있다.

Table44. 백탄보드의 에틸렌가스 흡착유지

| 간격 | 시간 | 빈병 | CONTROL | 부직지(Non woven fabric)*2 | | 박엽지(Printed thin paper)*3 |
|----------------|--------|-------|--------------|-------------------------|--------------|---------------------------|
| | | | MDI*1 | 1장 | 2장 | MDI |
| 1주 03.12.23 | 0 | 11.25 | 12.12 | 12.45 | 12.69 | 12.23 |
| | 24 | 10.62 | 1.84 | 1.59 | 1.79 | 1.33 |
| | 흡착율(%) | - | 84.81 | 87.23 | 85.86 | 89.13 |
| 2주 12.30 | 0 | 18.39 | 14.87 | 16.69 | 16.62 | 17.68 |
| | 24 | 18.36 | 2.93 | 2.59 | 2.83 | 2.13 |
| | 흡착율(%) | - | 80.30 | 84.48 | 83.00 | 87.95 |
| 3주 04.1.06 | 0 | 16.81 | 16.23 | 15.30 | 14.32 | 16.62 |
| | 24 | 16.5 | 2.41 | 2.25 | 2.40 | 2.49 |
| | 흡착율(%) | - | 85.18 | 85.33 | 83.28 | 85.05 |
| 4주 1.13 | 0 | 16.39 | 16.79 | 16.18 | 16.8 | 16.33 |
| | 24 | 15.55 | 2.65 | 2.30 | 2.34 | 2.49 |
| | 흡착율(%) | - | 84.22 | 85.78 | 86.07 | 84.75 |
| 5주 1.19 | 0 | 15.09 | 14.83 | 13.92 | 13.97 | 14.09 |
| | 24 | 15.68 | 2.79 | 2.84 | 2.87 | 2.38 |
| | 흡착율(%) | - | 81.18 | 79.60 | 79.45 | 83.11 |

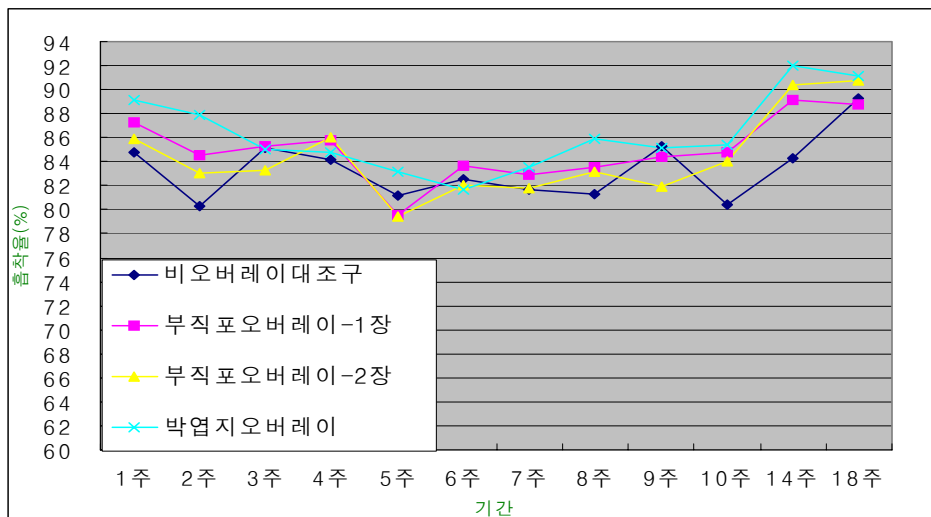
| | | | | | | |
|-------------|--------|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 6주 1.27 | 0 | 15.40 | 14.64 | 13.94 | 14.38 | 15.15 |
| | 24 | 15.38 | 2.55 | 2.29 | 2.58 | 2.78 |
| | 흡착율(%) | - | 82.58 | 83.61 | 82.05 | 81.65 |
| 7주 2.03 | 0 | 15.64 | 15.13 | 14.67 | 14.97 | 14.75 |
| | 24 | 15.56 | 2.77 | 2.51 | 2.72 | 2.43 |
| | 흡착율(%) | - | 81.69 | 82.89 | 81.83 | 83.53 |
| 8주 2.10 | 0 | 14.87 | 14.75 | 14.96 | 14.64 | 14.87 |
| | 24 | 13.88 | 2.76 | 2.46 | 2.46 | 2.09 |
| | 흡착율(%) | - | 81.29 | 83.56 | 83.20 | 85.94 |
| 9주 2.17 | 0 | 14.81 | 14.57 | 14.99 | 14.26 | 14.86 |
| | 24 | 14.42 | 2.14 | 2.33 | 2.57 | 2.20 |
| | 흡착율(%) | - | 85.31 | 84.46 | 81.98 | 85.20 |
| 10주 2.24 | 0 | 15.30 | 14.40 | 15.36 | 15.18 | 14.74 |
| | 24 | 14.29 | 2.81 | 2.35 | 2.43 | 2.16 |
| | 흡착율(%) | - | 80.49 | 84.73 | 83.99 | 85.35 |
| 14주 3.09 | 0 | 15.32 | 15.14 | 14.24 | 15.36 | 15.51 |
| | 24 | 15.15 | 2.37 | 1.55 | 1.49 | 1.25 |
| | 흡착율(%) | - | 84.34 | 89.12 | 90.33 | 91.97 |
| 18주 4.08 | 0 | 15.94 | 15.67 | 15.83 | 16.06 | 14.95 |
| | 24 | 15.05 | 1.69 | 1.77 | 1.49 | 1.32 |
| | 흡착율(%) | - | 89.22 | 88.82 | 90.75 | 91.17 |

*1: Control MDI 제조조건은 표 1과 같음

*2: 부직포포장지(평량 30g/m², 두께 0.12mm, 공극율 39.3%)

*3: 무늬박엽지(평량 35/m², 두께 0.14mm)

Fig19. 오버레이 처리된 백탄보드의 장기간 반복 에틸렌 가스 흡착능력 시험



5. 참고문헌

- 1) Oh, Seung Won, Hirose T. and Okabe T. 2000. Manufacturing characteristics of woodceramics from thinned small long (I)(II). Mokchae Konhak 28(4):50-60
- 2) Park, S.B., and Kwon, S.D., New use of bamboo (II)-Development of carbonizing furnace and carbonizing schedule for bamboo, Forest Science Technical Report 59:17-24(1998)의 (I),(IV)
- 3) 석현덕, 장철수. 1999. 소경목·불량목등 목질계폐자원을 이용하여 가공된 목탄·목초액의 농수축산업에서의 실용화 및 산업화 연구. 한국농촌 경제연구원 연구보고.
- 4) 이동욱, 김병로. 2002. 목질계폐잔재 탄화물의 수질정화효과. 목재공학30(1):34-39
- 5) 이화형, 김관의. 2003. 습식공법으로 제조한 목탄-목재섬유복합재료의 에틸렌가스 흡착력과 과일신선도 유지효과. 한국가구학회지 14(1): 1-10
- 6) 이화형, 김관의. 2003. 점토목재파티클보드로 제조된 Clay-Woodceramics의 성질. 목재공학 31(5) 80-87

제 2장 2세부과제

제 1절 1년차 연구수행 결과

1 숯 골판지 원지제조

가. 골판지 원료와 제조방식

숯 골판지원지를 제조하기 위해 침엽수와 활엽수를 50:50을 사용하여 평량 200 g/cm²의 원지를 제조하였다. 이 때 사용된 숯은 대나무 숯, 참나무 숯, 활성탄과 탄소섬유이며 숯의 첨가량은 전건무게당 0%, 30%, 50%, 80% 로 하였다.

숯은 100 mesh 스크린으로 거른 것과 200mesh 와 400 mesh 스크린으로 거른 것들을 사용하였다. 400 mesh 스크린 통과 분은 주로 코팅용으로 사용하였으며, 100 mesh 와 200 mesh 통과분은 내침용으로 사용하였다. 이들은 그 크기에 따라 에틸렌가스 흡착율에 변이가 생길 것으로 판단되었다. 숯을 내침하여 사용하는 경우 숯의 보류율이 높지 못하면 wire side 와 top side 에 보류량의 차이가 생기게 된다. 이 현상을 없애기 위해 양이온성 PAM (분자량 600만)을 사용하였다. 숯이 들어간 원지는 검은 색을 띠게된다. 검은색을 가리기 위해 얇은 섬유층을 더하여 Multiply 원지를 만들 수 있었다. 이들의 에틸렌가스 흡착 특성도 변이가 생길 것으로 판단되었다. 이들의 모습을 그림 1에서 보이고 있다.



숯 0% 일반 원지



숯 80% 원지



숯 코팅 원지



숯 Multiply 원지

그림 1. 제조된 원지들의 종류

나. 수분 흡착실험

숯을 첨가한 종이와 숯을 첨가하지 않은 원지의 주변 습도에 따른 수분 흡착의 정도를 실험하였다. 실험은 식물성장계(VS-91G 09M-1300)를 사용하여 20℃ 30%, 20℃ 50%, 20℃ 80% 3가지 조건에 종이를 1일 방치한 후 무게를 측정하였다. 측정된 숯 종이의 함수율 data는 아래 표들과 같다.

표1. 온도 20℃, 습도 40%의 경우. (참나무숯, 활성탄, 탄소섬유 모두 80% 숯 함량)

| | 식물성장계 방치후 | 건조후 | 수분 | 함수율(%) | ave.(%) |
|--------|-----------|------|------|--------|---------|
| 원지 1 | 0.87 | 0.83 | 0.04 | 4.97 | 5.37 |
| 원지 2 | 0.88 | 0.83 | 0.05 | 5.76 | |
| 참나무숯 1 | 0.92 | 0.90 | 0.03 | 2.90 | 3.14 |
| 참나무숯 2 | 0.89 | 0.86 | 0.03 | 3.37 | |
| 활성탄 1 | 0.89 | 0.85 | 0.03 | 3.63 | 3.85 |
| 활성탄 2 | 0.90 | 0.86 | 0.04 | 4.07 | |
| 탄소섬유 1 | 0.87 | 0.84 | 0.03 | 3.34 | 3.08 |
| 탄소섬유 2 | 0.84 | 0.82 | 0.02 | 2.82 | |

표2. 온도 20℃, 습도 60%의 경우. (참나무숯, 활성탄, 탄소섬유 모두 80% 숯 함량)

| | 식물성장계 방치후 | 건조후 | 수분 | 함수율(%) | ave.(%) |
|--------|-----------|------|------|--------|---------|
| 원지 1 | 0.89 | 0.83 | 0.07 | 8.36 | 10.60 |
| 원지 2 | 0.94 | 0.83 | 0.11 | 12.85 | |
| 참나무숯 1 | 0.98 | 0.90 | 0.08 | 9.25 | 9.28 |
| 참나무숯 2 | 0.94 | 0.86 | 0.08 | 9.30 | |
| 활성탄 1 | 1.06 | 0.85 | 0.21 | 24.24 | 23.86 |
| 활성탄 2 | 1.06 | 0.86 | 0.20 | 23.49 | |
| 탄소섬유 1 | 1.17 | 0.84 | 0.33 | 39.45 | 39.49 |
| 탄소섬유 2 | 1.14 | 0.82 | 0.32 | 39.53 | |

표3. 온도 20℃, 습도 80%의 경우. (참나무숯, 활성탄, 탄소섬유 모두 80% 숯 함량)

| | 식물생장계 방치후 | 건조후 | 수분 | 함수율(%) | ave.(%) |
|--------|--------------|------|------|--------|---------|
| 원지 1 | 1.14 | 0.83 | 0.32 | 38.18 | 34.52 |
| 원지 2 | 1.09 | 0.83 | 0.26 | 30.85 | |
| 참나무숯 1 | 1.05 | 0.90 | 0.16 | 17.28 | 15.44 |
| 참나무숯 2 | 0.98 | 0.86 | 0.12 | 13.60 | |
| 활성탄 1 | 1.16 | 0.85 | 0.31 | 35.95 | 33.32 |
| 활성탄 2 | 1.12 | 0.86 | 0.26 | 30.70 | |
| 탄소섬유 1 | 1.21 | 0.84 | 0.37 | 44.34 | 49.34 |
| 탄소섬유 2 | 1.26 | 0.82 | 0.44 | 54.35 | |

위 표들에서 보면 40% 조건에서는 숯을 첨가한 종이의 함수율이 숯을 첨가하지 않은 종이의 함수율 보다 낮은 수치가 나왔으나 60% 조건에서는 참나무 숯을 제외한 숯을 첨가한 종이의 함수율이 2배 이상 높을 것을 알 수 있다. 80% 조건에서는 참나무숯을 제외한 3가지 경우의 함수율이 비슷한 정도로 높을 것을 알 수 있다. 참나무숯을 첨가한 종이의 경우 수분에 따른 함수율이 다른 종이에 비해 그 변화량이 적으므로 함수율 변화가 적어야 하는 경우에 사용하기에 적합할 것으로 보인다.

골판지의 주요 구성성분인 라이너지는 특별히 수분에 약하다. 상대습도가 80% 일 때, 일반원지의 함수율이 34.5% 에 이르렀으나 참나무숯을 첨가한 원지는 15.44% 에 불과하였다. 따라서 참나무 숯은 수분에 의해 강도가 큰 영향을 받는 라이너지에 매우 적합한 원지인 것을 발견하였다.

다. 에틸렌가스 흡착실험

실험재료

원지에 60%의 대나무 숯을 첨가하여 제작한 수초지, 원지에 0%, 30%, 50%, 80%의 참나무숯과 활성탄 및 탄소섬유를 첨가하여 제작한 수초지를 사용하였으며, 에틸렌가스 흡착용기 (1000 ml) 에 원지를 넣고 에틸렌가스를 주사기로 주입하여, 시간마다 에틸렌가스의 농도변화를 측정하였다. 에틸렌가스의 농도는 에틸렌가스 농도 측정기(가스 크로마토 그래프 DC-14B)를 사용하였다. 에틸렌가스흡착용기를 그림 2에서 보이고 있다.



그림 2. 에틸렌가스 흡착용기

실험방법

각 조건별로 제작한 수초지 4g을 에틸렌흡착 용기에 넣고 밀봉한 다음 주사기를 이용하여 에틸렌가스 약 10 ppm을 주입한다. 주사기를 이용하여 용기 내 가스를 빼내어 농도를 측정한다. 에틸렌가스 주입 후 약간 흔들어 준 다음 가스를 빼내는데 이때 바로 빼내는 에틸렌가스의 ppm을 초기 주입된 가스의 ppm으로 간주한다. 시간별로 빼낸 가스의 농도를 가스 농도측정기에 넣고 농도를 측정한다.

실험 결과

실험결과를 표4 에 나타내었다.

| sample | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 18 | 20 | 22 | 24 |
|-----------------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|
| sample 없는병 | 10 | 9.523 | 9.442 | 9.437 | 9.368 | 9.366 | 9.411 | 9.401 | 9.388 | 9.437 | 9.441 | 9.127 |
| 숯 0%(control) | 10 | 9.093 | 9.023 | 9.018 | 8.653 | 8.535 | 8.420 | 8.440 | 8.259 | 8.229 | 8.321 | 8.300 |
| 대나무 60% | 10 | 6.929 | 7.022 | 6.327 | 6.470 | 5.830 | 5.693 | 5.554 | 5.393 | 4.493 | 4.794 | 4.144 |
| oak 30% | 10 | 5.699 | 5.341 | 4.816 | 4.389 | 4.940 | 4.987 | 4.924 | 5.055 | 4.808 | 4.855 | 4.355 |
| oak 50% | 10 | 4.272 | 3.572 | 3.924 | 3.547 | 3.278 | 3.296 | 3.526 | 3.407 | 2.911 | 3.243 | 3.334 |
| oak 80% | 10 | 3.773 | 3.517 | 3.281 | 2.766 | 2.951 | 2.950 | 2.947 | 3.121 | 2.847 | 2.976 | 2.935 |
| oak 30% (m) | 10 | 6.390 | 6.503 | 6.291 | 5.519 | 5.399 | 4.557 | 4.930 | 4.827 | 4.252 | 4.733 | 4.044 |
| oak 50% (m) | 10 | 5.869 | 5.557 | 4.766 | 4.490 | 4.281 | 4.315 | 4.231 | 4.316 | 4.318 | 3.986 | 3.289 |
| oak 80% (m) | 10 | 3.724 | 3.790 | 2.464 | 3.146 | 2.667 | 2.571 | 2.645 | 2.626 | 2.610 | 2.580 | 1.803 |
| oak 200mesh 30% | 10 | 5.122 | 4.531 | 4.443 | 4.151 | 4.104 | 4.013 | 3.737 | 3.822 | 3.818 | 3.199 | 1.860 |
| oak 200mesh 50% | 10 | 3.846 | 3.542 | 3.259 | 3.137 | 2.667 | 2.645 | 2.758 | 3.138 | 2.595 | 2.296 | 1.866 |
| oak 200mesh 80% | 10 | 2.448 | 2.164 | 2.233 | 2.102 | 1.828 | 1.906 | 1.907 | 2.115 | 1.740 | 1.983 | 2.081 |
| oak 코팅 60% | 10 | 7.036 | 7.124 | 7.060 | 7.054 | 6.651 | 6.910 | 6.528 | 6.344 | 5.765 | 5.664 | 5.750 |
| oak 코팅 80% | 10 | 8.818 | 8.108 | 7.744 | 7.534 | 7.474 | 6.403 | 6.515 | 6.705 | 5.871 | 5.355 | 4.376 |
| ac 30% | 10 | 4.580 | 4.944 | 4.609 | 3.658 | 4.012 | 3.873 | 4.209 | 4.290 | 3.981 | 4.190 | 3.225 |
| ac 80% | 10 | 2.988 | 2.741 | 3.095 | 3.039 | 2.743 | 2.710 | 2.170 | 2.774 | 2.287 | 2.471 | 2.552 |
| ac 30% (m) | 10 | 5.221 | 5.401 | 4.653 | 4.680 | 4.619 | 4.903 | 4.983 | 5.450 | 5.117 | 5.556 | 5.252 |
| ac 80% (m) | 10 | 3.130 | 3.058 | 3.109 | 2.237 | 2.848 | 2.843 | 2.808 | 2.775 | 2.893 | 3.028 | 2.964 |
| acf 80% | 10 | 4.438 | 3.788 | 3.969 | 3.377 | 3.778 | 3.774 | 3.932 | 3.976 | 3.855 | 3.628 | 3.527 |

표 4. 시간별 에틸렌가스 흡착표 (단위 ppm. 초기 10 ppm).

대나무 - 대나무숯; oak - 참나무숯; oak (m) - 참나무숯 multiply

oak 200mesh - 참나무숯 200 mesh 통과분

oak 코팅 - 참나무숯 400 mesh 통과분으로 코팅

ac - 활성탄 ; acf - 탄소섬유

다음 그림들은 이들을 각각 분석한 그래프들이다.

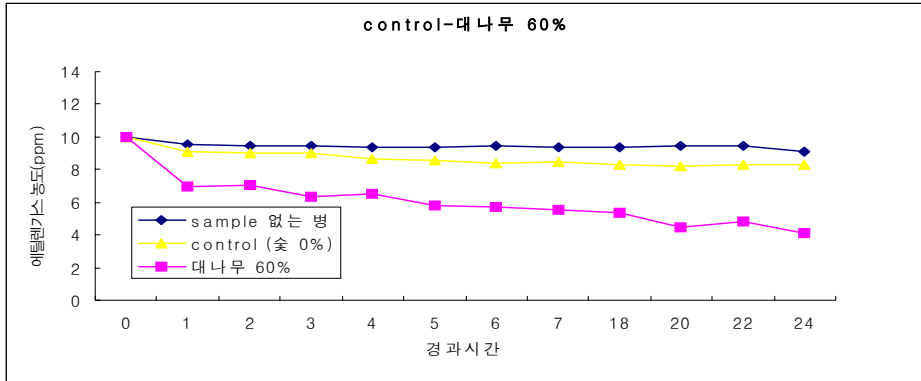


그림 3. 대나무 숲의 경우

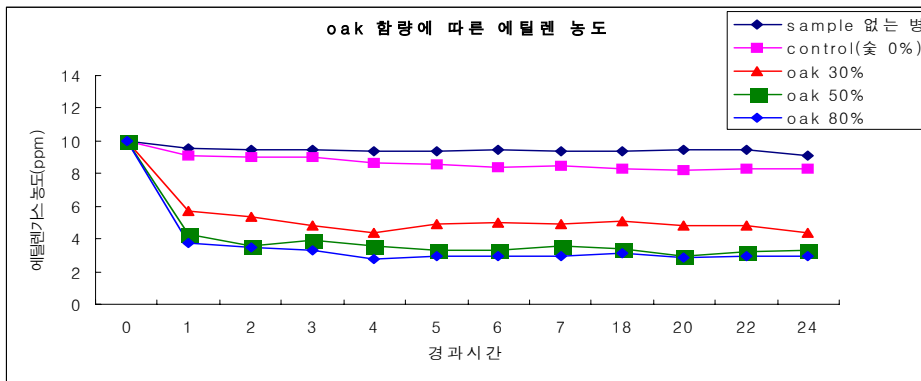


그림 4. 참나무숲의 경우

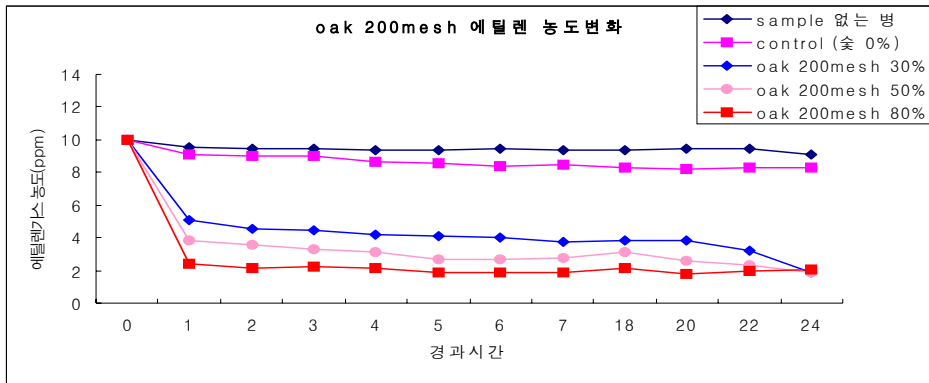


그림 5. 참나무숯 200 mesh 통과분의 경우

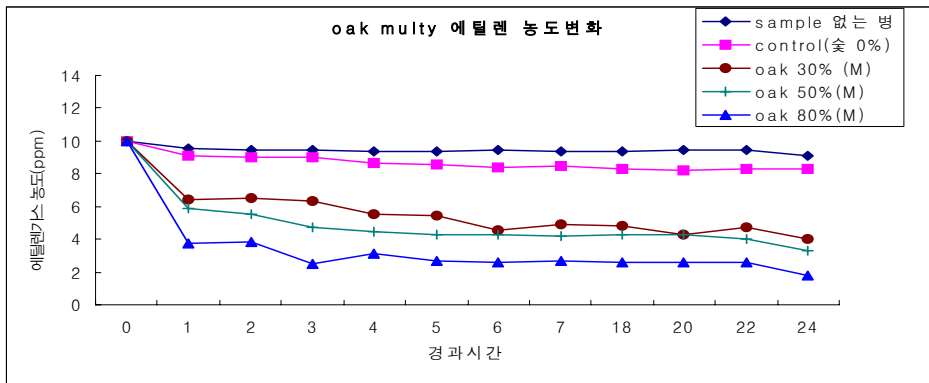


그림 6. 참나무숯 원지를 multiply로 만들었을 경우

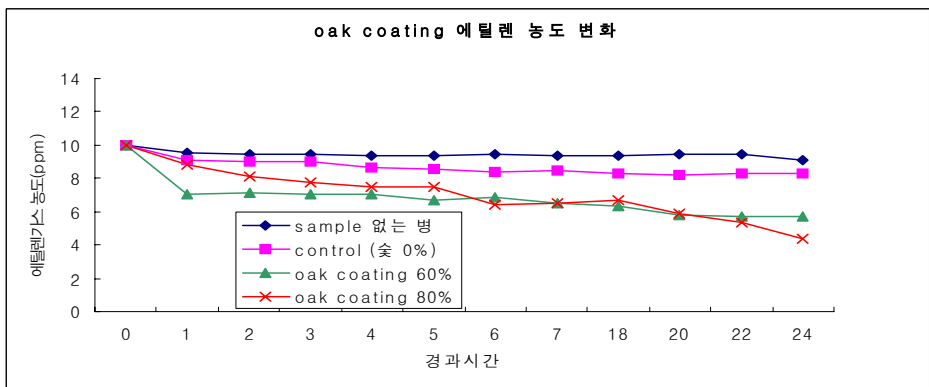


그림 7. 참나무숯을 400 mesh로 통과시켜 원지에 표면코팅한 경우

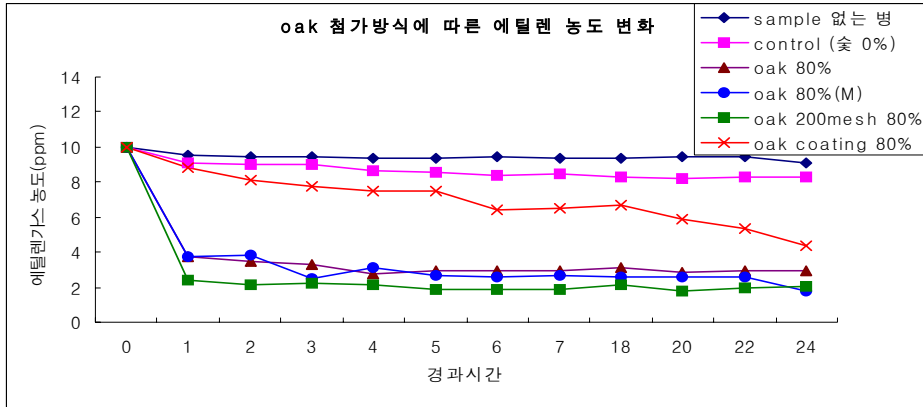


그림 8. 참나무 숯을 첨가한 방식에 따른 에틸렌 흡착정도

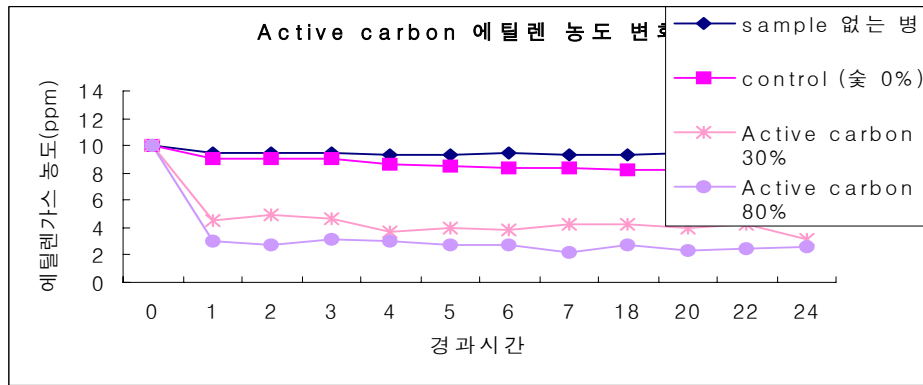


그림 9. 활성탄의 경우

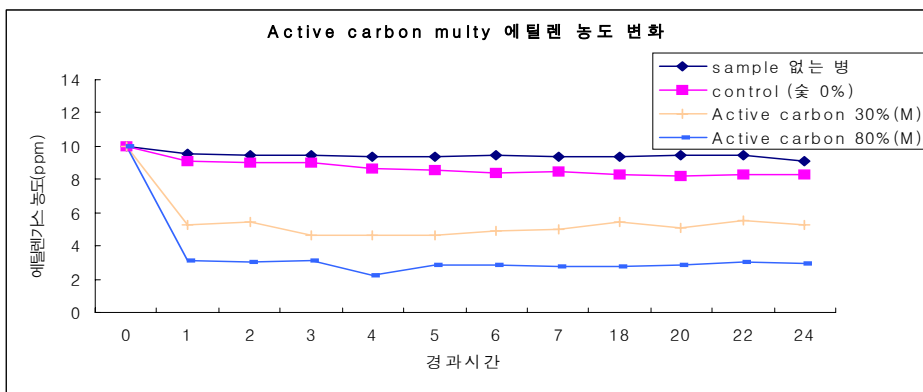


그림 10. 활성탄 원지를 multiply로 만든 경우

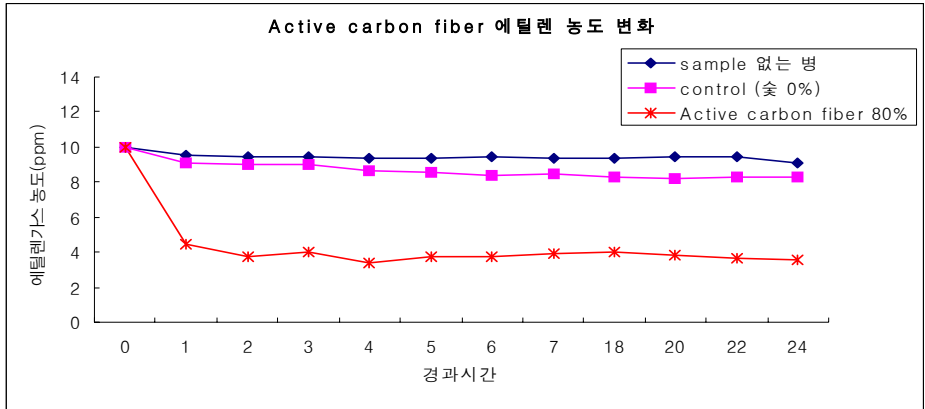


그림 11. 탄소섬유를 첨가한 경우

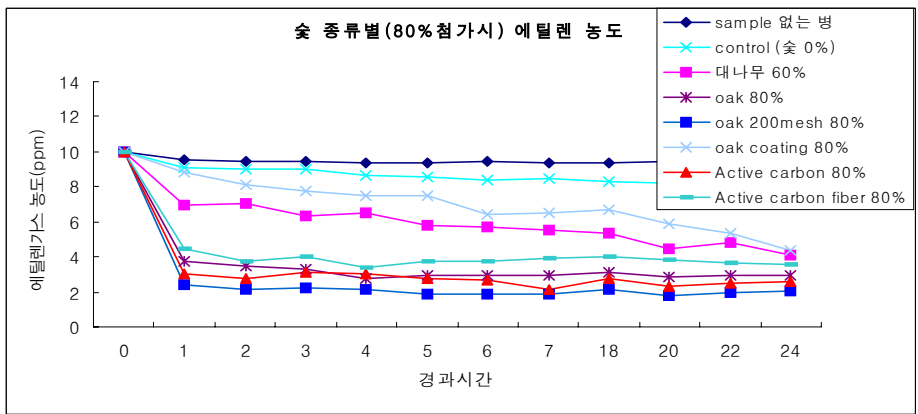


그림 12. 숯 종류별 에틸렌가스 흡착량 변화

그림 4에서 참나무숯의 경우 그림 3의 대나무 숯보다 월등한 흡착효과를 보이고 있었다. 그림 5에서 200 mesh 통과분은 그림 4의 100 mesh 통과 참나무숯 보다 우수한 흡착효과를 보이고 있었다. 특히 그림 6에서 참나무숯 원지를 multiply 로 제조한 경우 에틸렌가스의 흡착량에 변화가 크지 않았다. 이로서 숯을 사용한 원지를 middleply로 사용하는 경우 에틸렌 흡착능력의 저하없이 그대로 사용할 수 있음을 밝혔다.

그림 7은 400 mesh 통과 참나무 숯을 표면에 코팅했을 경우를 보이고 있다. 이러한 경우 숯의 표면 공극에 접착제로 사용되는 전분이 채워지므로 에틸렌 흡착능력이 현저히 떨어지게 됨을 볼 수 있었다. 따라서 에틸렌 흡착능력이 중요시되는 원지에 있어서는 숯의 코팅사용은 비효율적인 방식임을 그림은 보이고 있다.

참나무숯을 이용하는 방식에 따라 얼마나 흡착능력이 변화하는지 그림 8에서 요약하여 보이고 있다. 200mesh 통과분을 첨가한 원지의 흡착량이 가장 높았고, multiply를 만들거나 그냥 원지를 사용하거나 흡착량의 변화는 차이가 없음을 보이고 있다. 단 숯을 코팅하여 사용하는 경우 에틸렌 흡착능력은 기대하지 않는 것이 타당함을 그림은 보이고 있다.

그림 9와 10은 활성탄의 경우와 활성탄 원지를 multiply로 만든 경우를 보이고 있다. 역시 참나무숯의 경우와 마찬가지로 multiply 효과는 없다고 판단되었다. 탄소섬유는 매우 우수한 전기흐름을 보이는 섬유이지만 에틸렌 흡착능력도 상당히 우수함을 그림 11이 보이고 있다. 대부분 80%의 숯을 첨가한 원지들의 흡착능력을 그림 12에서 통합 비교하였다. 대부분 우수하였으나 대나무의 경우 60% 함량도 적은 편이지만 다른 숯의 경우 50% 함량으로 80% 함량의 흡착능력을 보이고 있음을 고려할 때, 대체적으로 흡착능력이 매우 낮다고 판단된다.

라. 에틸렌 흡착시험 결론

참나무숯 첨가 원지들은 매우 우수한 에틸렌 흡착능력을 보였으며, 표면의 미적효과를 위해 시도한 multiply 는 에틸렌 흡착능력에 크게 영향을 주지 않았다. 따라서 필요한 경우 에틸렌 흡착능력이 우수한 백지를 만들 수 있는 능력을 갖추게 되었다. 특히 200 mesh 스크린 통과분이 흡착능력이 우수하였으며, 숯 50%함량으로도 숯 80% 함량의 원지와 같은 능력을 보이고 있음을 알 수 있었다. 따라서 앞으로는 에틸렌 흡착효과를 위해서는 숯 50% 함량을 최대 함량으로 결정하여 실험을 실시할 예정이다. 대나무 숯은 상대적으로 에틸렌 흡착능력이 우수하지 않았으며, 활성탄의 경우 참나무숯 전도의 흡착능력을 보이고 있었다. 탄소섬유도 우수한 에틸렌 흡착효과를 보였지만 가격적인 점으로 보아서 앞으로는 전지에 관련된 물질에 사용되는 것이 더 효율적인 것으로 판단되었다. 숯을 넣지 않은 원지는 약간의 에틸렌 흡착능력을 보이고 있었지만 중요시될 만큼은 되지 못하였다.

마. 숯 첨가원지의 파열강도실험

라이너지의 KS 규격은 특급은 $220\text{g}/\text{cm}^2$ 이하 평량의 경우 파열지수가 3.3, A급은 3.0, C급은 각각 2.7 이상이 된다. 단 수분함량은 $7.5\pm 1.5\%$ 일 경우이다. 평량이 260

g/cm² 을 넘는 원지들은 220g/cm² 의 파열지수보다 0.2 point 정도 낮다. 본 연구에 사용된 원지는 파열지수가 4.0 으로서 특급라이너 원지에 속한다. 본 실험에 사용된 원지들의 파열지수를 표5 와 그림 13 에 나타내었다.

| sample | 파열강도 (kgf/cm ²) | | | 평균 | 파열지수 |
|-----------------|-----------------------------|------|------|------|-------|
| | | | | | |
| 숯 0% | 3.20 | 3.30 | 3.30 | 3.27 | 4.000 |
| Oak 30% | 1.40 | 1.40 | 1.40 | 1.40 | 1.760 |
| Oak 50% | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 1.080 |
| Oak 80% | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| Oak 30% M | 3.50 | 3.40 | 3.50 | 3.47 | 2.450 |
| Oak 50% M | 3.20 | 3.20 | 3.20 | 3.20 | 2.250 |
| Oak 80% M | 2.50 | 2.40 | 2.60 | 2.50 | 1.760 |
| Ac 30% | 1.00 | 1.10 | 1.00 | 1.03 | 1.270 |
| Ac 80% | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| Ac 30% M | 3.10 | 3.20 | 3.30 | 3.20 | 2.250 |
| Ac 80% M | 1.90 | 1.90 | 1.90 | 1.90 | 1.370 |
| Oak 200mesh 60% | 0.30 | 0.40 | 0.50 | 0.40 | 0.490 |
| Oak 200mesh 80% | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| Oak Coating 60% | 4.50 | 4.90 | 4.80 | 4.73 | 4.610 |
| Oak Coating 80% | 4.70 | 4.90 | 4.80 | 4.80 | 4.700 |

표 5. 숯 처리 원지들의 파열지수

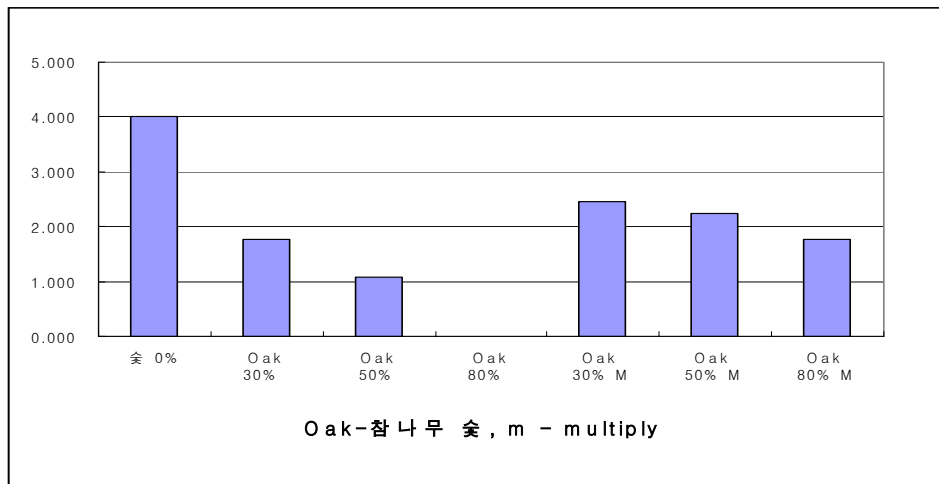


그림 13. 참나무 숯 원지의 파열지수

예상한대로 숯을 첨가한 원지들은 과열지수가 크게 떨어졌다. 특별히 참나무숯의 경우 숯 30%와 50% 첨가한 원지들의 에틸렌가스 흡착능력이 80% 첨가 원지의 흡착능력에 크게 뒤떨어지지 않음을 볼 때 (참고 그림 4 와 그림 5), 30% 나 50% 첨가 원지를 에틸렌가스 흡착원지로 사용해도 됨을 알 수 있었다. 하지만 그림 14의 경우 참나무숯의 코팅은 과열지수를 높여주었다. 즉 표면에 첨가된 전분이 숯 원지의 과열강도를 높여주었다.

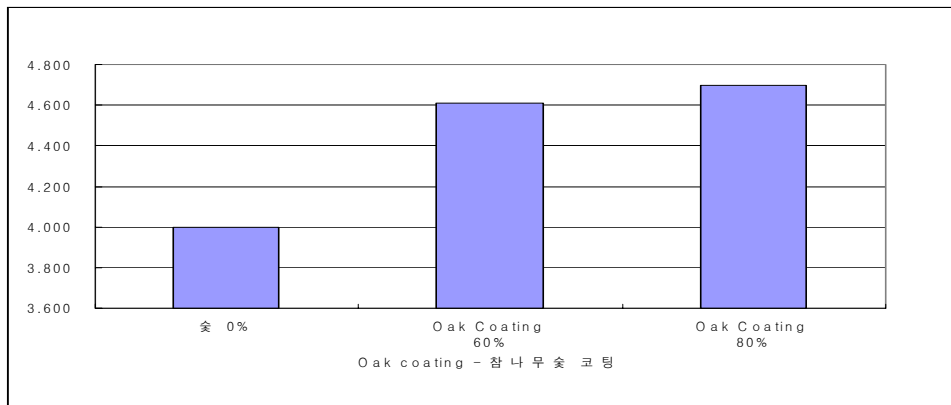


그림 14. 참나무숯 코팅 원지의 경우

바. 숯첨가 수초지의 전기저항 측정 - 면저항

초기에 대나무 숯을 첨가한 종이는 숯을 첨가하지 않은 종이처럼 전류가 흐르지 않았으나 참나무 숯과 active carbon, active carbon fiber를 첨가한 종이는 전류가 통하였다. 본 실험에서는 길이 10cm 폭 1cm의 샘플들을 사용하였으며, 면저항을 측정하였다. 면저항의 측정방식은 다음과 같다.

$$\text{면적저항 } (\Omega/\text{cm}^2) = \text{측정 저항치}(\Omega)/\text{면적 (이 경우 } 10\text{cm}^2)$$

단위: Ω/cm^2

| sample | 1 | 2 | 3 |
|-----------------|------------------|------------------|------------------|
| 숯 0% | ∞ | ∞ | ∞ |
| 대나무 60% | ∞ | ∞ | ∞ |
| oak 30% | ∞ | ∞ | ∞ |
| oak 50% | ∞ | ∞ | ∞ |
| oak 80% | 2×10^6 | 4×10^6 | 4×10^6 |
| oak 200mesh 30% | ∞ | ∞ | ∞ |
| oak 200mesh 50% | ∞ | ∞ | ∞ |
| oak 200mesh 80% | 5×10^5 | 7×10^5 | 6×10^5 |
| oak 코팅 60% | 7×10^4 | 7×10^4 | 7×10^4 |
| oak 코팅 80% | 12×10^4 | 12×10^4 | 12×10^4 |
| ac 30% | ∞ | ∞ | ∞ |
| acf | 700 | 700 | 700 |

표 6. 각 숯 첨가원지의 면적 저항치
 대나무 - 대나무숯; oak - 참나무숯; oak (m) - 참나무숯multiply
 oak 200mesh - 참나무숯 200 mesh 통과분
 oak 코팅 - 참나무숯 400 mesh 통과분으로 코팅
 ac - 활성탄 ; acf - 탄소섬유

표 6에서 숯은 적어도 80% 함량이 되어야 전기적 저항을 가질 수 있음을 보이고 있다. 탄소섬유는 매우 낮은 전기저항을 보이고 있으므로 이러한 용도에 많이 쓰일 수 있다. 하지만 참나무숯을 80% 내부 첨가한 원지들은 그렇게 높은 함량에서도 우수한 저항치를 보이지 못하였다. 단 표면코팅을 실시한 경우에는 매우 우수한 전기저항치를 보였다. 즉 참나무숯을 원지 표면에 코팅하는 경우 에틸렌 흡착능력은 매우 저조하지만 전기저항치가 낮으므로 이러한 종이들은 정전기가 문제시되는 종류의 포장에 쓰일 수 있음을 보이고 있었다.

2. 결론

숯 첨가원지를 골판지 포장재로 사용하는 목적은 숯의 에틸렌 흡착능력과 전기저항치를 낮출 수 있는 기능이 있기 때문이다. 골판지 포장재의 중요한 특성중의 하나는 강도적 성질이다. 골판지의 강도적 성질은 골판지의 함수율에 매우 민감하며, 숯과 같은 섬유간 결합을 방해하는 물질들의 존재에 민감하다. 본 실험결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 참나무 숯을 첨가한 원지는 첨가하지 않은 원지보다 높은 상대습도하에서 50% 정도 낮은 함수율을 보였다. 이는 높은 상대습도하에서 참나무 숯을 첨가한 골판지가 훨씬 높은 강도를 가질 수 있다는 것을 뜻한다.
- 에틸렌 흡착능력의 경우 200 mesh를 통과한 참나무 숯이 매우 우수하였다. 하지만 30%의 원지대비 첨가량도 80% 첨가에 비해 흡착능력이 크게 뒤떨어지지 않음을 볼 때, 앞으로 30-50%의 첨가량이 에틸렌 흡착에 유용함을 알 수 있었다.
- 원지의 강도적 성질을 유지하기 위해서는 참나무숯의 첨가가 필요하며, 숯의 첨가량을 최소화하는 것이 필요하다. 역시 위의 결론과 같이 30-50%의 숯 첨가량이 적당하다고 판단된다.
- 숯 첨가 원지의 색을 바꾸기 위해 multiply를 만들었으나 흡착능력의 변화는 없었다. 따라서 필요에 따라 얼마든지 표면색의 변화를 유도할 수 있는 가능성을 열었다.
- 전기저항성의 경우 탄소섬유가 월등히 우수하였으며, 다른 숯의 경우는 모두 80% 함량 이상의 숯 첨가가 필요하였다. 단 숯으로 표면에 코팅하는 경우에는 우수한 전기적 성능을 발휘하였다. 하지만 숯 코팅은 숯의 양을 많이 넣을 수 없어서 에틸렌 흡착능력이 저조하였다.

3. 연구수행에 따른 문제점 및 대책

숯을 적당한 크기로 분쇄할 수 있는 기구의 제작이 필요하다. 실제 숯가루 제조를 위해 상당히 많은 시간을 사용하였다. 이에 대한 지원을 요청한다.

4. 연구성과 및 활용계획

한국 펄프종이공학회에 2편 발표예정, 참나무 숯이 고습도하에서 원지의 함수율을 낮추는 현상에 대한특허조사가 필요함. Multiply 숯 원지의 특허가능성 조사예정. 현재 숯 원지를 방울토마토 골판지 상자에 적용하여 실험을 실시하고 있음.

제 2절 2년차 연구수행 결과

1 선도유지 포장재 적용시험

가. 선도유지 포장재를 절화 카네이션에 적용

선도유지 포장재시험에 있어서 일차적으로 카네이션을 선택하였다. 카네이션은 저장시 많은 에틸렌 가스를 내뿜는 꽃으로 알려져 있다. 따라서 에틸렌 가스의 흡착에 뛰어난 솟을 카네이션의 포장박스에 이용함으로써 유효 저장기간을 늘리는 효과를 얻을 수 있다고 판단하였다. 물론 각종 과일상자나 야채에도 솟의 적용이 가능하지만 그러한 적용은 삼차년도에 지속적으로 적용하기로 하였다.

나. 카네이션 솟 포장재의 제조

솟 포장재를 제조하기 위해 두 가지 방식을 사용하였다. 먼저, OCC지료와 200mesh 통과분의 솟(oak, 백탄)을 70:30의 비율로 혼합하여 평량 $80\text{g}/\text{m}^2$ 의 원지를 제조하였다. 이 때 솟 종이의 마찰에 의한 솟 손실을 방지하기 위해서 양성전분 2%를 스프레이 도포 하였고, 솟을 내침하는 경우 솟의 보류율이 높지 못하면, 양면차가 생기므로 이 현상을 없애기 위해 보류향상제를 충분히 사용하였다. 이 솟 내침지를 관행 포장상자 안쪽에 완전히 부착하였다. 물론 골판지의 내부 라이너를 솟 내침지로 대신 할 수는 있지만 우선적으로 솟 내침지의 저장기간 증대효과를 알아보는 것이 우선적이기 때문에 이러한 방식을 사용하였다.

두 번째로 OCC를 이용하여 원지를 제조한 후에 400mesh를 통과한 솟을 전분바인더와 혼합하여 원지에 코팅하였다. 솟 코팅지를 관행 포장박스 안쪽에 완전히 부착하였다. 이들의 모습을 그림 1에서 보이고 있다.

다. 절화 카네이션 저장 실험

현재 유통되는 카네이션 포장상자, 솟내침지 포장상자, 솟코팅지 포장상자를 이용하여 절화 카네이션의 저장실험을 실시하였다. 실험은 동일한 상태의 절화 카네이션을 각각의 상자에 넣어 2주와 4주에 걸쳐 1°C 의 저온 저장고에서 방치한 후 저장이 끝난 꽃을 꺼내어 21°C 의 항온실에서 수명과 품질을 평가하였다.



관행 포장상자(con) 솟내침지 포장상자 솟코팅지 포장상자

그림 1. 제조된 포장상자들의 종류

조사 항목으로는 저장 중 카네이션 온·습도 변화(초기 612시간)를 센서에 의해 측정하고, 저장전 생체중 및 저장후 생체중을 4송이씩 4반복으로 측정하였으며, 이에 따른 항목을 조사하였다. 그림 2와 그림 3은 이러한 과정을 보이고 있다.



온·습도 측정



저온실 보관(1℃)

그림 2. 저장 중 각 포장상자의 처리



그림 3. 저장 후 절화 카네이션의 상태 조사

라. 실험결과

① 절화 카네이션의 온·습도 변화

저온 섹시 1도에서 저장할 때 카네이션의 온습도 변화를 그림 4에 나타내었다.

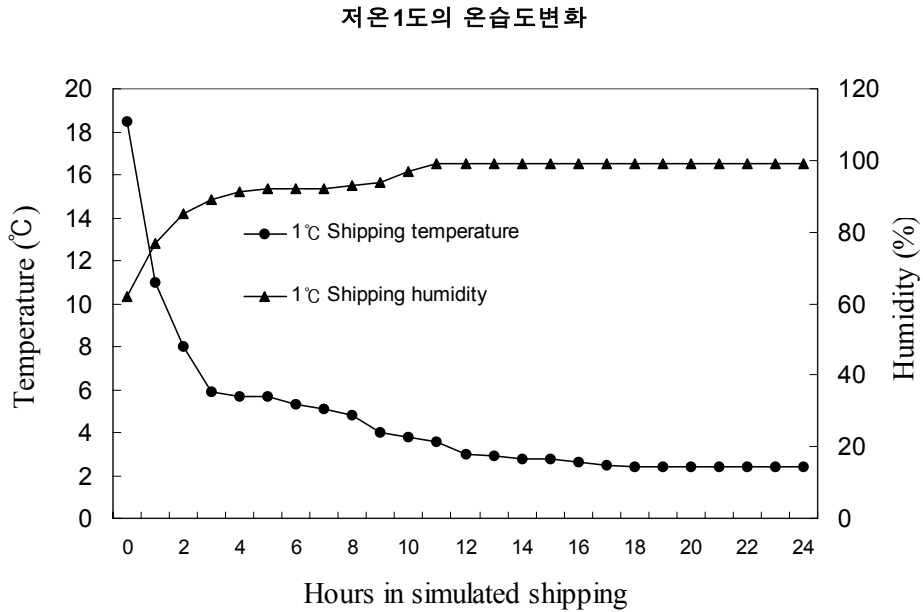


그림 4. 섹시 1도의 저장고에서 절화 카네이션 자체의 온습도 변화

카네이션을 저장할 때 온·습도의 변화를 측정하는 것은 중요하다. 저장고(냉장고)의 온·습도와 카네이션이 실제로 받는 온·습도는 다르기 때문이다. 즉 저장시 온도에 따라 절화의 상태에 변화를 줄 수 있고, 습도는 100%이하일 경우 증산이 이루어지므로 상대습도 100%를 유지하는 것이 좋다.

시간에 따른 온·습도를 측정해 본 결과 시간이 경과함에 따라 온도는 세팅온도(1°C)보다 약간 높은 2°C를 큰 변화 없이 유지했고, 습도 역시 큰 변화 없이 상대습도 100%를 유지했다. 즉, 실험상에 발생할 수 있는 온·습도에 대한 영향은 거의 없었다고 판단된다.

② 2주 및 4주 저장 후 실험결과

실험 결과를 그림 5에서 그림 8까지 분석하여 나열하였다. 그림 5와 그림 7은 각각 섭씨 1도에서 2주와 4주간 저장시의 카네이션 체중의 변화를 보이고 있다. 또 그림 6과 8은 각각 2주와 4주간의 저온 저장후 꺼내어서 카네이션이 그 후에 얼마나 오랫동안 싱싱함을 유지할 수 있는지를 카네이션의 수분 균형으로 실험한 결과를 보이고 있다.

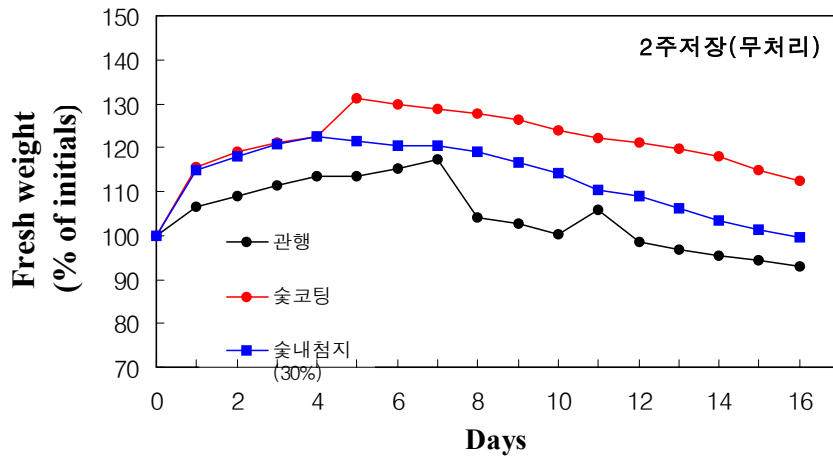


그림 5. 저온에서 2주 저장간 생체중의 변화 (16일 간의 변화)

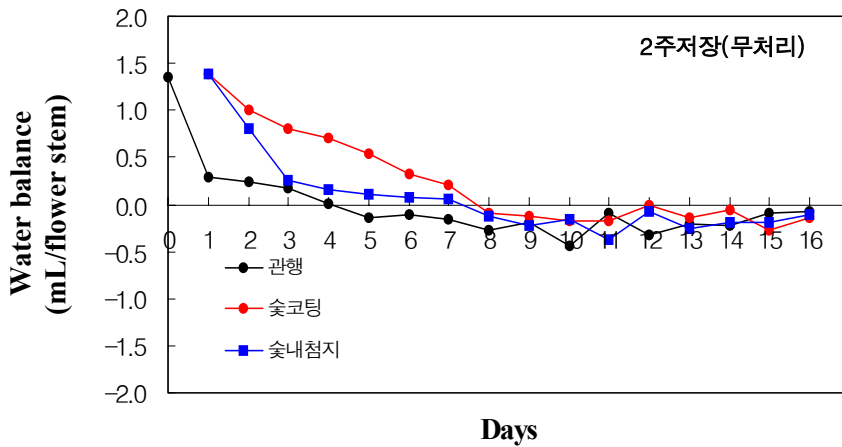


그림 6. 저온에서 2주 저장후 상온에서의 수분균형변화

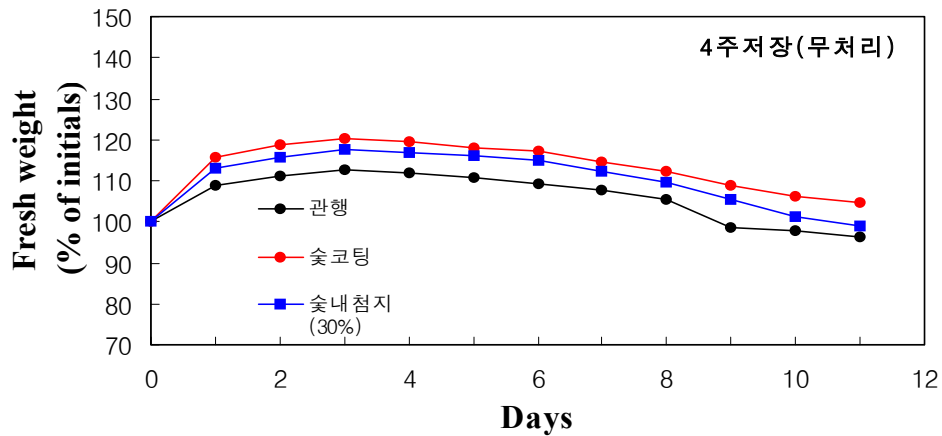


그림4. 저온에서 4주 저장간 생체중의 변화 (초기 11일간의 변화)

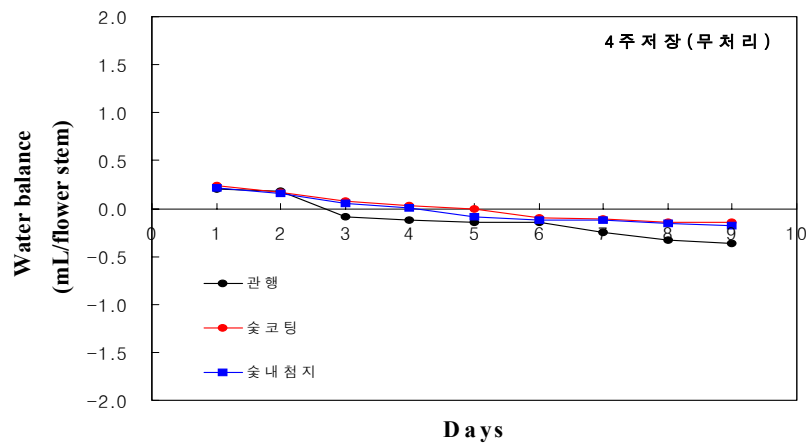


그림 8. 저온에서 4주 저장후 상온에서의 수분균형변화

그림 5와 7은 저장간 생체중의 변화를 나타낸 것으로써 시간이 경과함에 따라 절화 카네이션의 생체중이 솟 코팅지 포장상자에서 가장 높은 것으로 나타났다. 솟내침지 포장상자 역시 관행상자보다 높은 경향을 나타냈다.

그림 6과 8에서 보여진 카네이션의 수분균형은 카네이션 한 송이당 물의 흡수량에서 증산량을 뺀 값을 말한다. 즉 수분균형이 값이 (-)값이 되면 카네이션의 노화가 시작됐다는 것을 의미한다. 그림 6에서 솟 코팅 포장상자의 수분균형이 (-) 되는 시간이 약 8일로서 관행의 4일보다 2배 가까운 시간동안 노화가 늦게 시작하는 것으로 나타났다. 4주간 저장후에 나타난 수분균형의 경우 관행이 약 2.5일 후에 노화가 진행되기 시작했다고 한다면, 솟 코팅지에서는 약 5일 후에 노화가 진행되기 시작했다고 볼 수 있다. 즉 솟 코팅지는 관행의 경우보다 약 2배 기간 동안 노화 시작시간을 늦출 수 있는 효과를 보였다. 솟 내침지들은 솟 코팅지에 비해 효과는

덜하지만 관행에 비해서는 우수한 효과를 내었다.

2. 숲 과수봉지 제조

가. 개요

숲 과수봉지는 사과나 배, 복숭아등에 모두 적용이 가능하다. 본 연구의 2년차에서는 배의 과수봉지에 숲을 적용하는 시험을 실시하기로 한다. 이 적용방식은 사과나 복숭아 혹은 기타의 과수봉지에도 동일하게 적용될 수 있다. 물론 과수봉지는 과수의 종류와 품종에 따라 다양하게 제조되고 있지만 본 연구에서는 숲을 이용한 과수봉지로 연구의 목표를 제한함으로써 단순화된 실험을 실시할 예정이다. 숲을 이용하려면 과수봉지의 색이 투명하거나 밝은 색이 될 수 없으므로 빛의 차단과 가스의 흡착이 필요한 과수에 적용되게 될 것이다. 또 과일 저장간 가스의 방출에 의해 노화되는 현상의 방지를 위해서도 숲 과수봉지를 포장용지로 연장하여 사용함으로써 그 효과를 연장시킬 수 있다고 판단된다. 본 연구는 배에 과수봉지를 사용할 경우 그 수확시기가 중간보고서 제출시기 이후가 되므로 그 상세한 결과는 3차년도 보고서에 기술할 예정이다.

나. 숲 과수 봉지 제조- 숲을 이용한 배봉지 겉지 제조

숲 과수 봉지 원지를 제조하기 전에 현재 유통되고 있는 배봉지들을 조사하였다. 우리가 선정한 배봉지는 국내 J산업의 배봉지로 신고와 만삼길등 적배용 배에 적합한 세 종류로써, 황색이중봉지와 신문, 노루지 봉지와 착색 이중봉지였다. 이 중에서 가장 경쟁력이 있을 것으로 여겨지는 착색이중 봉지와 황색 이중봉지를 선정하였다. 이들의 모습을 그림 9에서 보여주고 있다.



황색이중봉지

신문,노루지봉지

착색이중봉지

그림 9. 현재 유통되는 배봉지의 종류(국내 J산업 제공)

솻 배봉지를 제조하기 위해 국산 Computer Printer Out과 ONP를 90 : 10으로 혼합하여 15분간 고해한 후 평량 45g/m²로 원지를 제조하였고, 400mesh를 통과한 솻을 10.46g/m² 편면 코팅한 후 속지를 삽입하고, 접착하였다. 이 때 봉지 원지의 습윤 강도를 보장하기 위해 습강제인 에폭시 수지를 4% 첨가하였고, 사이징처리를 하였다. 이들의 모습은 그림 10에 보이고 있다. 솻 배봉지 원지의 섬유성상과 첨가제의 처리는 일반 배봉지 원지의 대표적이고 효과적인 제조방식을 참조하였다.



관행 황색이중 봉지



착색이중봉지



솻 착색이중봉지

그림 10. 실험에 사용된 배봉지들의 종류 (솻 착색이중봉지는 제조한 것임)

다. 솻 배봉지 적용시험

현재 유통되는 황색이중배봉지와 제조한 착색이중배봉지, 솻코팅 배봉지를 이용하여 신고배와 감천배의 적용 실험을 실시하였다. 원예학과 이종석 교수의 전문적인 조언에 의하면 감천배에 착색이중봉지의 효과가 더 크게 나타날 것으로 예상된다. 실험은 배꽃이 떨어진 후 3545일 사이를 기준으로 씌어주며, 봉지를 씌운 상태로 수확한다. 실험방법으로는 적용기간동안의 배봉지 훼손상태를 조사하고, 수확한 배의 품질로 확인한다. 단 본 실험에서는 수확후에도 과수봉지를 배의 포장용지로 일부 사용하여 그 저장효과를 측정하게 될 것이다.



그림 11. 배봉지의 적용 현장(충남대 농장)

라. 실험결과

현재 시험 중이며, 10월에 수확할 예정이다.

3. 숯 멀칭지 제조

가. 개요

농업용 멀칭재료로는 이제까지 투명비닐이나 검정비닐이 주로 이용되어왔다. 이러한 비닐 멀칭재료들은 사용후 일일이 손으로 제거해 주어야 하기 때문에 많은 노동력이 필요하며 완벽하게 제거시키지 않으면 작물에 피해를 주거나 토양오염의 원인이 된다. 이에 따라 환경친화적인 분해성 멀칭지의 개발이 필요하게 되었으며 이에 대한 적절한 멀칭지는 종이류의 멀칭지이다. 종이 멀칭지는 다양한 기능성을 줄 수 있으므로 앞으로 다양하게 개발될 수 있다. 본 연구에서는 숯을 멀칭지의 표면에 적용시켜 작물의 생육을 돕고 더 나아가 토지개량효과까지 얻고자 실시하게 되었다.

멀칭지는 기본적으로 일정기간동안 다량의 수분과 온도의 영향을 받으면서도 그 강도를 유지할 수 있어야 하며, 습윤지력과 우수한 투기도가 있어야하고, 차광 효과도 우수해야한다. 더 나아가 생분해 효과가 우수해야한다. 본 숯 멀칭지는 병충해 방지와 작물의 생육촉진 및 토지개량의 효과를 볼 수 있을 것으로 판단된다.

나. 숯 멀칭지 원지 제조

숯 멀칭지 원지를 제조하기 위해 OCC와 UKP(CSF450ml)를 80 : 20으로 혼합하여 제조하였으며, 습강처리와 건조지력처리를 하여 평량 80g/m^2 의 원지를 1.2m 폭으로 제조하였다. 멀칭지 원지에 숯을 코팅하였으며 이 때 사용된 숯은 참나무 숯(백탄)이다. 숯은 400mesh 스크린으로 거른 것을 사용하였고, 바인더(전분)와 혼합하여 코팅하였으며, 도포량은 11.66g/m^2 이다. 그림 12는 제조된 멀칭지를 보여주고 있다.

다. 숯 멀칭지 적용시험

제조된 멀칭지를 가을감자에 적용할 예정이며 부지와 씨감자를 확보한 상태이다. 본 연구에서는 다음과 같은 점을 주안점으로 검토할 예정이다.

- 멀칭지의 분해 : 멀칭지의 중량감소를 시간에 따라 검토하여 최종 수확시의 분해량을

검토한다.

- 멀칭지의 사용에 따른 잡초의 발생 : 잡초의 수와 건조무게를 측정한다.
- 멀칭지에 따른 토양의 온도변화 : 지중 5cm 에서의 토양온도를 측정할 예정이다.
- 멀칭처리에 따른 토양의 수분변화 : 토양 표층의 수분변화를 측정할 예정이다.



멀칭지

숯코팅 멀칭지

그림 12. 제조한 멀칭지들의 종류

- 멀칭처리에 따른 감자의 수확 : 수확시 감자의 수확량을 검토할 것이다.

4. 결론

2차년도에 목표가 숯 포장재, 숯 과수봉지, 숯 멀칭지의 제조방식 확립에 비추어 본 연구진은 제조방식의 확립뿐만 아니라 실제 적용을 위한 실험에 들어가 있는 상태이다.

숯의 선도유지 포장재의 제조 및 적용에 있어서 포장재 원지에 내침하는 방식과 원지에 코팅하는 두가지 방식을 사용하여 선도유지 포장재를 제조하였다. 이렇게 제조된 숯 포장재는 카네이션의 저온 저장에 중량감소를 억제하는 효과를 나타내었다. 특히 저온저장에서 꺼내어 상온에 방치할 때, 숯 코팅 포장재는 관행 포장재에 비해 2배로 노화시작 시간을 연기시키며 싱싱함을 유지할 수 있었으며, 숯 내침 포장재는 약 1.5배의 싱싱한 기간을 유지할 수 있었다.

숯 과수봉지는 착색이중 과수봉지에 적용하는 것이 최적으로 판단되었으며, 착색이중과수봉지들이 최적으로 적용될만한 과일의 종류 및 품종을 선별하는 것이 필요하였다. 2차년도에서는 신고배와 감천배에만 적용시켰다. 현재는 충남대 배 농장에 실험중에 있다.

숯 멀칭지는 멀칭지의 필요물성에 따라 제조되었으며, 가을감자에 적용하기 위해 부지와 씨감자가 마련된 상태이다. 7월에 밭에 적용할 예정이며 그 효과측정을 위한 준비가 마련된 상태이다.

제 3절 3년차 연구수행 결과

1 숲 과수 봉지

가. 개요

과수봉지는 현재 과수 농업에서 병충해 방지와 차광효과 등의 과수의 당도 및 성장에 많은 영향을 끼치는 중요한 요소 중 하나이다. 본 연구의 3년 차에서는 2년 차에서 제조한 숲과수봉지를 신고배와 감천배의 과수봉지에 숲을 적용하는 시험을 실시하여 평가하였다. 이 적용방식을 토대로 숲의 기능성을 기존의 과수 봉지에 부여하여 다른 과수봉지에도 동일하게 적용할 수 있을 것이라고 판단된다. 본 연구에서는 숲의 에틸렌 가스 흡착능력을 1년차에서 확실히 규명한 근거와 차광효과, 일광견뢰효과 등을 동시에 부여하여 과수의 노화현상 방지 및 숲 과수봉지를 포장용지로 연장하여 사용함으로써 그 효과를 연장시킬 수 있을 것이라고 판단된다.

나. 숲 과수봉지 제조

숲 과수봉지는 2차년도에서 제작한 일반 배봉지를 기준으로 하였다. 숲 과수봉지는 2차년도에 배에 적용하기 시작하여 수확한 배의 당도, 색도 및 저장시 생체중변화를 측정·평가하였다. 2차년도에서 선정된 착색이중봉지와 황색 이중봉지를 사용하였다. 국내 J산업에서 제공한 관행 황색이중봉지, 착색이중봉지와 본 연구실에서 제작한 숲코팅을 이용한 숲 착색이중봉지를 제조하였다. 이들의 모습은 그림 1에서 보이고 있다.



관행 황색이중 봉지

착색이중봉지

숲 착색이중봉지

그림 1. 실험에 사용된 배봉지들의 종류 (숲 착색이중봉지는 제조한 것임)

충남대학교 부속농장에 있는 신고배와 감천배에 적용할 배봉지를 선택하는 과정에서 현재 유통되고 있는 배봉지들을 조사하였다. 우리가 선정한 배봉지는 국내 J산업의 배봉지로 신고와 만삼길등 적배용 배에 적합한 종류로써, 황색이중봉지와 신문, 노루지 봉지와 착색 이중봉지 였다. 이 중에서 가장 경쟁력이 있을 것으로 여겨지는

착색이중 봉지와 황색 이중봉지를 선정하였다. 솥 배봉지를 제조하기 위해 국산 Computer Printer Out과 ONP를 90 : 10으로 혼합하여 15분간 고해한 후 평량 45g/m²로 원지를 제조하였고, 400mesh를 통과한 솥을 10.46g/m² 편면 코팅한 후 속지를 삽입하고, 접착하였다. 이 때 봉지 원지의 습윤강도를 보장하기 위해 습강제인 에폭시 수지를 4% 첨가하였고, 사이징처리를 하였다. 솥 배봉지 원지의 섬유성상과 첨가제의 처리는 일반 배봉지 원지의 대표적이고 효과적인 제조방식을 참조하였다.

다. 솥 배봉지 적용시험

현재 유통되는 황색이중배봉지와 제조한 착색이중배봉지, 솥코팅 배봉지를 이용하여 신고배와 감천배에 적용 실험을 실시하였다. 충남대학교 원예학과 이종석 교수의 전문적 견해에 의하면 감천배에 착색이중봉지의 효과가 더 크게 나타날 것으로 예상된다. 실험은 배꽃이 떨어진 후 3545일 사이를 기준으로 씌어주며, 봉지를 씌운 상태로 수확한다. 실험방법으로 수확한 배의 품질(당도, 색도)로 확인한다. 단 본 실험에서는 수확후에도 과수봉지를 배의 포장용지로 일부 사용하여 그 저장효과를 측정하게 될 것이다. 배 과수봉지실험은 충남대 배농장에서 실시하였으며 실제 과수봉지가 사용된 모습을 그림 2 에서 보이고 있고, 수확 후에 배의 품질을 측정할 당도계(DM-9A ,Japan)와 색도계(CR-200b, Japan)를 그림 3 에서 나타냈다.

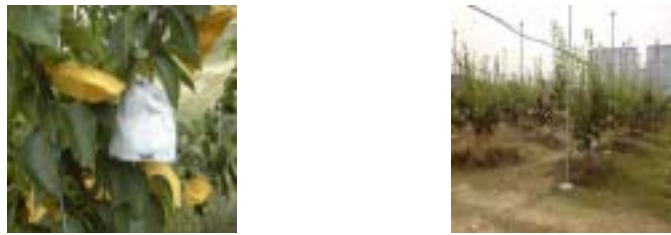


그림 2. 배봉지의 적용 현장(충남대 농장)



당도계(DM-9A ,Japan)

색도계(CR-200b, Japan)

그림 3. 배의 품질측정용 기구

라. 실험결과

수확한 배의 당도와 색도를 표.1에 나타내었고, 수확 후 저장기간에 따른 배의 중량 감소율을 표2와 표3에서 분석하여 나타내었다.

| | 무게(g) | | 색도(L a b) | | | | | | 당도(o Brix) | |
|-------------|-----------------|-----------------|---------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 김천 | 신고 | 김천 | | | 신고 | | | 김천 | 신고 |
| | | | L | a | b | L | a | b | | |
| 노루자-1 | 400.54 | 433.55 | 125 | 19.6 | 63.1 | 122 | 15.9 | 51 | 10.4 | 9.8 |
| | | | 123 | 9.1 | 61.3 | 121 | 16.8 | 50.4 | | |
| 노루자-2 | 392.33 | 469.89 | 119 | 7.4 | 60.4 | 111 | 10.7 | 49.3 | 10.2 | 9.8 |
| | | | 120 | 9.4 | 61.5 | 115 | 10.4 | 52.8 | | |
| 노루자-3 | 423.54 | 356.68 | 119 | 22.8 | 65.3 | 122 | 15.7 | 50.9 | 10.4 | 9.4 |
| | | | 119 | 19.2 | 63.1 | 119 | 16.4 | 52.3 | | |
| 노루자-4 | 459.76 | 385.96 | 121 | 8.7 | 62.3 | 118 | 18.5 | 52 | 10.5 | 9 |
| | | | 123 | 13.5 | 61.9 | 116 | 12.2 | 54.4 | | |
| 노루자-5 | 417.36 | 425.3 | 122 | 15.8 | 57.8 | 121 | 14.4 | 49.7 | 10.4 | 9.8 |
| | | | 121 | 9.8 | 60.8 | 120 | 14.4 | 49.7 | | |
| 노루자-6 | 407.53 | 473.93 | 119 | 9.6 | 60.8 | 116 | 20.4 | 50.9 | 10.2 | 9.8 |
| | | | 121 | 7.7 | 59.3 | 117 | 15.1 | 53.8 | | |
| 평균 | 416.8433 | 424.2183 | 121.00 | 12.72 | 61.47 | 118.17 | 15.08 | 51.43 | 10.35 | 9.6 |
| 표준편차 | 23.83 | 46.20 | 1.95 | 5.33 | 1.93 | 3.33 | 2.96 | 1.64 | 0.12 | 0.33 |
| 이중착색-1 | 573.22 | 428.08 | 126 | 20.3 | 58.6 | 116 | 18.7 | 50.9 | 11.4 | 10 |
| | | | 125 | 18.5 | 58 | 113 | 21.2 | 49.9 | | |
| 이중착색-2 | 389.12 | 454.4 | 124 | 13.6 | 56.2 | 119 | 20.2 | 49.3 | 10 | 9 |
| | | | 126 | 13.1 | 55 | 120 | 18.5 | 47.2 | | |
| 이중착색-3 | 369.61 | 503.32 | 124 | 12.3 | 56.6 | 116 | 20.2 | 47.3 | 11 | 10.2 |
| | | | 126 | 12.9 | 55.3 | 122 | 19.7 | 47.8 | | |
| 이중착색-4 | 489.47 | 414.36 | 125 | 21.4 | 53.5 | 120 | 19.8 | 49.5 | 10.8 | 10.2 |
| | | | 122 | 19.4 | 56.2 | 121 | 20.4 | 50.1 | | |
| 이중착색-5 | 433.16 | 377.29 | 126 | 19.2 | 57.6 | 111 | 13.4 | 51.9 | 11.2 | 10.2 |
| | | | 120 | 18.5 | 58.2 | 116 | 19.6 | 52.1 | | |
| 이중착색-6 | 434.41 | 415.76 | 121 | 17.9 | 48.9 | 120 | 19.1 | 48.8 | 10 | 10 |
| | | | 123 | 21.1 | 54.6 | 120 | 18.3 | 49.3 | | |
| 평균 | 448.165 | 432.2017 | 124.00 | 17.35 | 55.73 | 117.83 | 19.09 | 49.51 | 10.73 | 9.933 |
| 표준편차 | 74.05 | 42.83 | 2.09 | 3.40 | 2.66 | 3.41 | 1.98 | 1.61 | 0.60 | 0.47 |
| 숯이중착색-1 | 416.92 | 380.39 | 121 | 24.3 | 45.6 | 120 | 19.7 | 50.2 | 11 | 10.2 |
| | | | 123 | 23.4 | 55.3 | 117 | 18.7 | 46.7 | | |
| 숯이중착색-2 | 629.43 | 398.74 | 126 | 22.4 | 55 | 118 | 21.2 | 47.9 | 10.6 | 10.6 |
| | | | 126 | 22 | 55.7 | 119 | 19.8 | 50.1 | | |
| 숯이중착색-3 | 536.49 | 432.55 | 122 | 22.8 | 53.4 | 116 | 21.3 | 50.1 | 11.2 | 9.8 |
| | | | 126 | 23.4 | 55.3 | 116 | 21.4 | 50.9 | | |
| 숯이중착색-4 | 370.76 | 413.61 | 123 | 22 | 53.8 | 117 | 19.5 | 50.2 | 10.6 | 10.6 |
| | | | 122 | 21.6 | 55.7 | 121 | 19.8 | 48.9 | | |
| 숯이중착색-5 | 309.73 | 432.7 | 121 | 22.1 | 53.6 | 117 | 17.7 | 42.7 | 10.8 | 10.8 |
| | | | 124 | 23.4 | 58.2 | 116 | 20.1 | 47.7 | | |
| 숯이중착색-6 | 549.85 | 433.5 | 124 | 24.9 | 58.8 | 117 | 21.2 | 49 | 11 | 10.6 |
| | | | 127 | 22.6 | 58.2 | 116 | 19.1 | 44.8 | | |
| 평균 | 468.8633 | 415.2483 | 123.75 | 22.91 | 54.88 | 117.50 | 19.96 | 48.27 | 10.87 | 10.43 |
| 표준편차 | 122.11 | 22.03 | 2.09 | 1.00 | 3.44 | 1.68 | 1.16 | 2.49 | 0.24 | 0.37 |

표 1. 수확한 배의 당도 및 색도 측정

| 저장시간(Day) / 처리조건 | 신고배의 중량감소율(%) | | | | | | |
|------------------|---------------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
| con(무처리) | 0 | 4.96 | 9.61 | 13.99 | 18.07 | 22.07 | 25.82 |
| 노루지 | 0 | 4.81 | 9.39 | 13.82 | 17.82 | 21.72 | 25.41 |
| 이중착색봉지 | 0 | 4.65 | 9.21 | 13.43 | 17.37 | 21.20 | 24.87 |
| 숯코팅지 | 0 | 4.53 | 9.11 | 13.31 | 17.12 | 21.03 | 24.61 |

표 2. 저장기간에 따른 신고배의 중량감소율(%), (상온, 섭씨 22도 습도 50%)

| 저장시간(Day) / 처리조건 | 감천배의 중량감소율(%) | | | | | | |
|------------------|---------------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
| con(무처리) | 0 | 4.92 | 9.55 | 13.88 | 18.14 | 22.17 | 25.92 |
| 노루지 | 0 | 4.79 | 9.32 | 13.62 | 17.76 | 21.70 | 25.38 |
| 이중착색봉지 | 0 | 4.64 | 9.04 | 13.24 | 17.26 | 21.05 | 24.66 |
| 숯코팅지 | 0 | 4.63 | 9.03 | 13.22 | 17.23 | 21.03 | 24.61 |

표 3. 저장기간에 따른 감천배의 중량감소율(%), (상온, 섭씨 22도 습도 50%)

표1 에서 노루지와 이중착색봉지, 숯코팅 이중착색봉지의 경우 모두 배의 중량은 큰 차이가 없는 것으로 판단된다. 중량값에 약간의 차이가 보이긴 하지만 워낙 편차가 커서 중량값들의 차이를 분명히 드러내지는 못했다. 하지만 숯코팅 이중착색봉지가 색도의 균일성과 당도에서 다른 처리보다 우수한 것으로 나타났다. 특별히 숯코팅 이중착색봉지는 'a' 의 색도가 눈에 띄게 높고, 'b'의 색도가 현저히 낮았는데, 실제 육안검사에서도 색의 균일성과 색의 선호도면에서 월등히 우수한 차이를 보였다. 이중착색봉지의 경우는 노루지와 숯코팅 이중착색봉지의 중간을 차지하였으며, 감천배의 경우 숯코팅 이중착색봉지의 효과가 색도에서 두드러지게 나타났다. 신고배와 감천배에서 숯코팅 이중착색봉지의 당도증진효과도 노루지의 경우보다 약간 더 우수한 것으로 판단된다. 표2 와 표3 의 상온 저장 시 중량감소율에서 신고배의 경우 중량감소율(%)이 무처리를 포함한 기타 처리조건에서 유사한 결과를 보였다. 감천배의 경우에서도 신고배와 비슷한 중량감소율을 보였다. 따라서 과수봉지를 포장재로 직접 이용하는 효과는 그다지 크지 않았다.

2 숲 멀칭지

가. 개요

농업용 멀칭재료로는 이제까지 투명비닐이나 검정비닐이 주로 이용되어왔다. 이러한 비닐 멀칭재료들은 사용후 일일이 손으로 제거해 주어야 하기 때문에 많은 노동력이 필요하며 완벽하게 제거시키지 않으면 작물에 피해를 주거나 토양오염의 원인이 된다. 이에 따라 환경친화적인 분해성 멀칭지의 개발이 필요하게 되었으며 이에 대한 적절한 멀칭지는 종이류의 멀칭지이다. 종이 멀칭지는 다양한 기능성을 줄 수 있으므로 앞으로 다양하게 개발될 수 있다. 멀칭지는 기본적으로 일정기간동안 다량의 수분과 온도의 영향을 받으면서도 그 강도를 유지할 수 있어야 하며, 습윤지력과 우수한 투기도가 있어야하고, 차광 효과도 우수해야한다. 더 나아가 생분해 효과가 우수해야한다. 본 숲 멀칭지는 병충해 방지와 작물의 생육촉진 및 토지개량의 효과를 볼 수 있을 것으로 판단된다. 2차년도에 제작한 숲 멀칭지를 당초 가을감자에 적용하려 하였으나, 많은 강우와 저온 등 심한 기후변화로 인해 충남대학교 부속농장에서는 시판 가능한 가을감자가 생산되지 못했다. 본 연구에서 일부 임차하여 사용한 부속농장에서도 전혀 경제성을 갖춘 감자가 생산되지 못했다. 따라서 3차년도에서 가을감자 대신 봄감자(Dejima)에 적용실험 하였다. 본 연구에서는 숲을 활용하여 토양표면에 적용시켜 작물의 생육을 돕고 더 나아가 토지개량효과까지 얻고자 실시하게 되었다.

이 적용실험에 사용된 숲 멀칭지는 OCC와 UKP(CSF450ml)를 80 : 20으로 혼합하여 제조하였으며, 습강처리와 건조지력처리를 하여 평량 80g/m²의 원지를 1.2m 폭으로 제조하였다. 이와 같은 멀칭지를 본 연구를 위해 외부에서 따로 제작하였으며, 본 연구에 특별히 필요한 멀칭지를 제조하기위해 멀칭지 원지에 숲을 코팅한 멀칭지도 준비하였다. 이 때 사용된 숲은 참나무 숲(백탄)이다. 숲은 400mesh 스크린으로 거른 것을 사용하였고, 바인더(전분)와 혼합하여 코팅하였으며, 도포량은 11.66g/m²이다. 그림 4는 제조된 멀칭지를 보여주고 있다. 제조된 멀칭지는 2004년 봄감자에 적용되었다.



멀칭지



숲코팅 멀칭지

그림 4. 제조한 멀칭지들의 종류

나. 솥 멀칭지 적용시험

이번 솥 멀칭지 적용시험에 사용된 공시재료는 봄감자로써 품종은 대지(Dejima)를 사용하였다. 봄감자를 크기별로 선별하여 싹눈이 고르게 분포하도록 절단하여 동일한 온·습도의 환경에서 보관하였다. 2차년도에 확보한 충남대학교 농장 부지에 각 처리조건이 골고루 분포하도록 구분한 후 질소, 인, 칼륨(N-P-K)복합비료를 봄감자의 생육기준에 맞게 뿌려주었다. 봄감자의 싹과 덩이줄기의 성장을 촉진하기 위해 적당한 수분을 함유하도록 이랑에 수분을 공급한 후 위에서 제조한 PE 필름 멀칭비닐, 일반멀칭지, 솥코팅 멀칭지를 이랑에 완전히 밀착되도록 간다. 봄감자종자를 크기별로 30×25cm의 재식밀도와 각 이랑간의 간격이 70cm를 유지하여 파종한다. 이러한 과정은 그림 4와 그림5 에 도시되었다. 실험설계에 의해 조직적으로 이랑을 분류하여 통계적 처리가 가능하도록 실험을 실시하였다.

재배실험기간에 따라 다음 사항을 측정하였다.

- 지중온도, 토양수분
- 잡초 발생수
- 감자 괴경수, 괴경중량
- 지상부, 지하부의 생체중



대



중



소

그림 4. 봄감자(Dejima)종자의 크기구분

그림 5. 봄감자 파종후 7 일후의 전체 진행과정

다. 실험결과

1) 봄감자 재배 진행과정

실험결과를 그림 6에서 그림 11 까지 봄감자의 성장과정을 나타내었다. 그림 6 에서 는 무멀칭이 다른 멀칭처리에 비해 초기부터 성장속도가 늦었으며, 이량이 태양광 (太陽光)에 의해 갈라지는 현상을 보였으며, 갈라진 토양으로 해충의 침입과 호흡과 광합성을 감소시키는 영향을 줄 수 있을 것이라고 판단된다. 멀칭처리에서는 비슷한 경향을 보였으나, 무 멀칭처리의 초기 성장속도는 느린 것으로 보여졌다.

그림 7는 파종 후 14일후의 성장과정으로 이 기간에 적절한 강우와 일조량으로 거의 유사한 성장 과정을 보이고 있지만, 강우 후에 일조량이 강해지면 무멀칭에서는 토양이 바로 건조되어 갈라지는 현상을 여전히 보이고 있었다. 다른 멀칭처리 조건에서는 적절한 수분을 함유하고 있었다.

그림 8은 파종 후 30일 후의 성장 진행과정으로 이 기간에 멀칭지 부근에 상당한 잡초가 발생하였다. 무멀칭(나지)에서는 봄감자의 줄기부근까지도 잡초발생이 이루어졌으며, 다른 멀칭처리에서는 멀칭처리 된 부분이외의 부분에서 잡초가 발생하였다.

그림 9 는 고랑주위의 잡초를 제거한 후 각 처리조건의 성장 진행과정을 나타내었다. 그림에서처럼 무멀칭조건에서 봄감자의 성장진행이 가장 늦었다. 다른 멀칭조건에서는 비슷한 성장을 보였다.



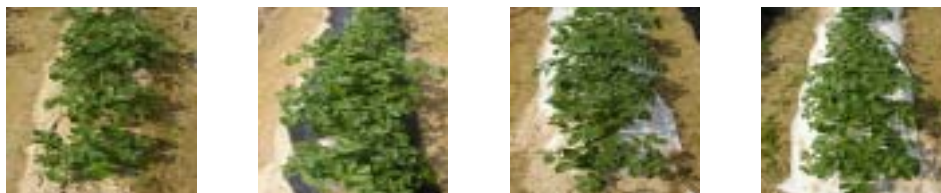
무멀칭

비닐

멀칭

숯 멀칭

그림 6. 파종 후 7일후의 진행과정



무멀칭

비닐

멀칭

숯멀칭

그림 7. 파종 후 14일후의 진행과정



무멀칭

비닐

멀칭

숯 멀칭

그림 8. 파종 후 30일후의 진행과정



무멀칭

비닐

멀칭

숯 멀칭

그림 9. 파종 후 40일 후의 진행과정(잡초제거 후)

초기에 감자를 심었을 때에는 무멀칭지에 비해 멀칭처리가 성장성이 우수하고 잡초가 적었다. 초기성장속도가 멀칭지보다 비닐 멀칭이 약간 우수했던 것은 초기에 강우량이 매우 많았고 종이 멀칭의 경우 물의 흡수가 비닐보다 상당량 더 발생하였으며 너무 많은 수분이 성장을 방해한 것일 가능성이 있다고 판단된다.

2) 수확 후 봄감자의 피경수와 피경 중량

각 멀칭처리 기간(약 13주)후 감자를 수확하여 표4 와 그림 10 과 그림12 에서 봄감자의 피경수와 피경중량, 피경 총중량의 값을 알 수 있었다.

| 처리조건 | 종자크기 | 평균괴경수 | 평균괴경 생체중(g) |
|--------|------|-------|-------------|
| 무멀칭 | 대 | 7.2 | 67.1 |
| | 중 | 6.3 | 72 |
| | 소 | 6.6 | 62.0 |
| 비닐멀칭 | 대 | 6.5 | 69.7 |
| | 중 | 5.6 | 77.2 |
| | 소 | 5.9 | 77.7 |
| 종이멀칭 | 대 | 6.4 | 66.2 |
| | 중 | 5.0 | 71.7 |
| | 소 | 4.5 | 79.8 |
| 숯코팅 멀칭 | 대 | 7.1 | 70.7 |
| | 중 | 5.8 | 74.8 |
| | 소 | 8.2 | 70.6 |

표4. 수확 후 각 멀칭처리 조건에서의 봄감자의 괴경수와 괴경중량

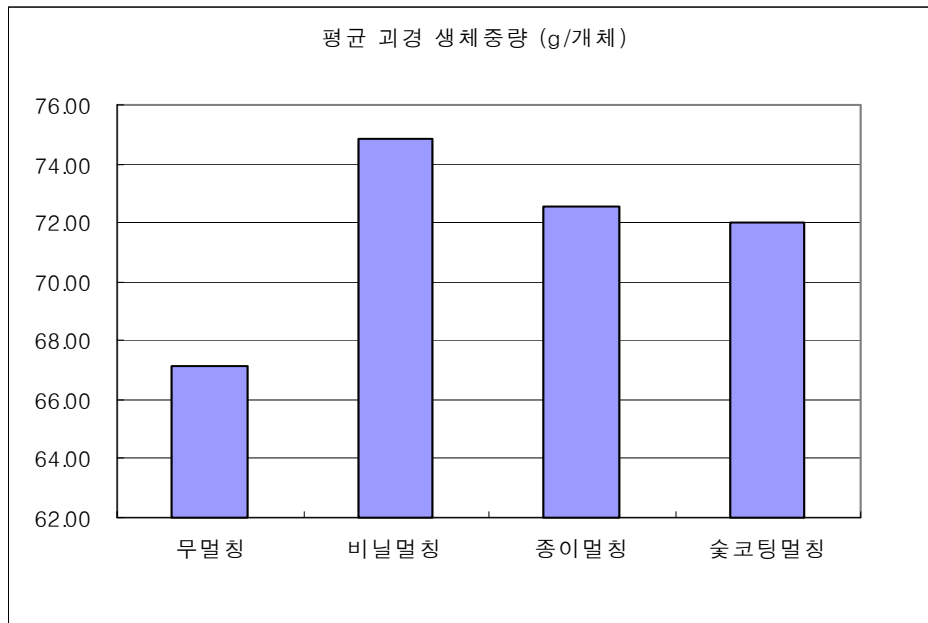


그림 10. 각 멀칭처리에 의한 봄감자의 평균 괴경중량

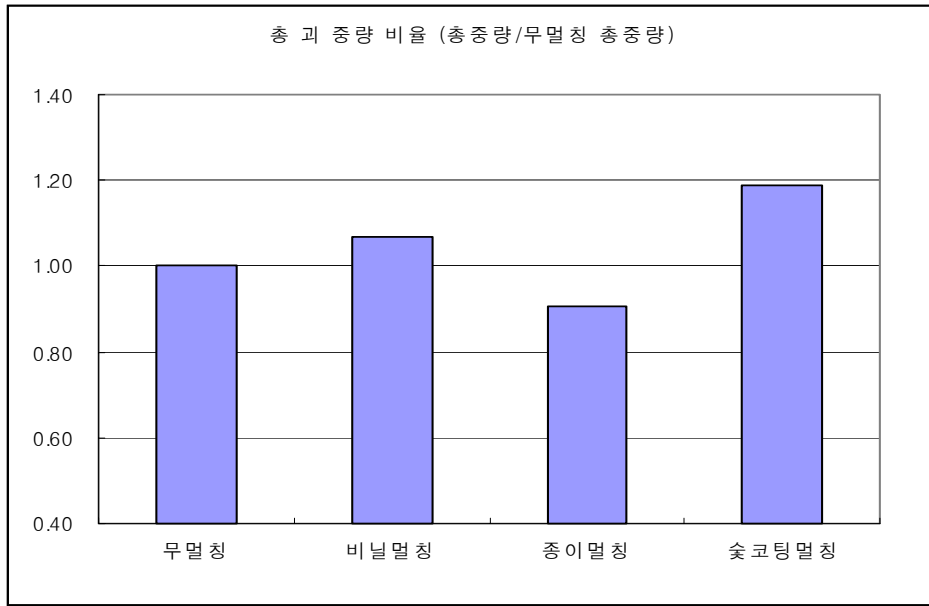


그림 11. 각 멀칭처리에 의한 봄감자의 총 괴경중량비

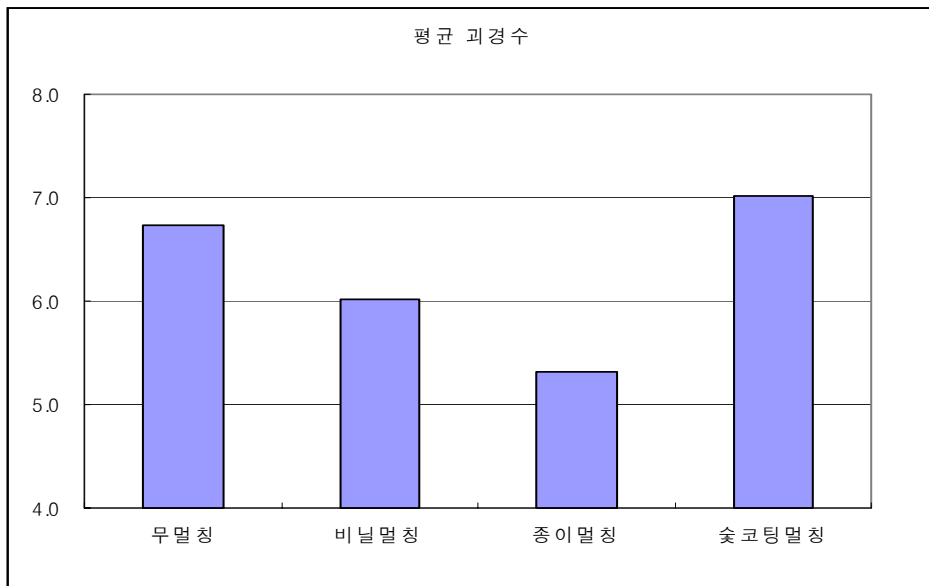


그림 12. 각 멀칭처리에 의한 봄감자의 총 괴경중량비

위의 표와 그림에서 보는 바와 같이 무멀칭을 포함한 각 멀칭조건에서 봄감자의 괴경수와 괴경중량을 나타내었다. 이것은 슛코팅 멀칭지가 개체별 중량은 비닐멀칭에 비해 약간 떨어지지만 평균 괴경수와 총 중량에 있어서 현저히 우수함을 보이고 있다. 종이멀칭은 개체별 중량이 높으나 평균 괴경수가 적은 관계로 총중량이 무멀칭보다도 떨어지고 있다. 따라서 슛코팅 멀칭이 총 감자중량에 있어서 무멀칭보다는 20% 증산시키며, 평균 개체중량도 높임을 알 수 있었으며, 비닐멀칭에 비해서도 10% 이상의 총중량 증산효과를 나타내었다. 이러한 점을 볼 때, 현재 가장 많이 사용되는 비닐 멀칭비닐을 슛 코팅 멀칭이 대체할 수 있는 가능성을 보여준다고 판단된다.

3) 각 멀칭지의 분해 결과

위에서 살펴 본 바와 같이 슛코팅과 일반멀칭지는 PE 멀칭비닐과 유사한 수확량을 나타내었다. 하지만, 비닐멀칭은 토양에서의 분해력이 없기 때문에 처리문제와 토양의 오염을 유발시킨다. 봄감자 생육시의 각 멀칭조건에 따른 분해효과를 그림13에 나타내었다.



PE 멀칭비닐

종이 멀칭지

스륙코팅 멀칭지

그림 13. 각 멀칭처리 조건에서의 분해효과

그림 13 에서 보여지는 것처럼 PE 멀칭비닐은 봄감자 생육초기와 같은 상태를 유지했다. 그러나, 종이 멀칭지와 슛코팅 멀칭지는 종이표면의 색깔이 크게 변했고, 분해가 한창 진행되고 있음을 보여주고 있다. 특히 슛코팅지에서는 강우 등 기타 기후 조건에서도 슛코팅이 그대로 유지되고 있음을 보여준다.

3. 숯을 활용한 선도유지 포장재시험 (바나나 및 방울토마토 저장실험)

가. 개요

숯을 이용한 포장박스는 여러 가지 과채류 등에 적용이 가능하다. 이 적용방식은 과채류의 유통-저장 중에 발생하는 과채류의 노화 요소를 에틸렌 가스 흡착효과, 부후효과 등의 숯의 기능성을 부여하여 그 기간을 연장시킬 수 있다고 판단된다. 본 연구에서는 수확 이후에도 계속 호흡하여 에틸렌가스를 다량 방출하는 과일인 바나나와 방울토마토를 실험재료로 선정하여 숯코팅 포장박스에 적용하여 저장기간 중의 변화를 측정하였다.

나. 숯코팅지의 에틸렌 가스 흡착실험

바나나와 방울토마토 숯 코팅 박스를 현장실험을 하기 전에 숯코팅지가 과일의 노화에 결정적인 영향을 미치는 에틸렌가스 (C_2H_4)를 효과적으로 흡착하는 지를 조사하였다. 숯코팅지는 1,2년차와 같은 방식으로 일반적으로 포장재에 사용되는 라이너지에 일정한 양($10g/m^2$)의 숯(400mesh, 참나무 백탄)을 코팅하였다. 그런 다음 동일한 온·습도에서 처리한 동일한 무게의 바나나와 방울토마토를 에틸렌가스 측정용기에 넣었다. 바나나와 방울토마토의 노화를 촉진시키기 위해 에틸렌가스(C_2H_4)를 20ppm주입한 후 완전히 밀봉한 후 정해진 측정스케줄에 의거하여 에틸렌가스 농도 측정기(가스 크로마토 그래프 TCD-GC-14BPF, SHIMAZU)를 이용하여 에틸렌가스를 측정하였다. 이러한 과정은 그림 14 와 그림15 에서 보여진다.



에틸렌 가스 측정(윗면)



에틸렌 가스 측정(측면)

그림 14. 에틸렌 가스 측정 용기(바나나)



에틸렌 가스 측정(윗면)



에틸렌 가스 측정(측면)



그림 15. 에틸렌 가스 측정 용기(방울토마토)

다. 바나나 숯 포장재 저장실험 - 숯을 코팅한 바나나 포장 박스 제조 및 바나나 저장

숯 코팅 포장 박스를 제조하기 전에 현재 유통되고 있는 바나나 박스를 조사하여 숯코팅 포장재로 현실화될 수 있는 지를 파악하였다. 국내 C유통회사에서 구입한 일반 바나나 박스에 일정한 양($10\text{g}/\text{m}^2$)의 숯을 바나나 포장박스 전면에 코팅하였다. 일반 포장박스와 숯 코팅 포장에 동일한 상태의 필리핀산 바나나를 넣은 후 항온항습실(22°C , 50%)에서 정해진 저장스케줄에 의해 바나나의 저장상태를 조사하였다. 이 때 각각의 포장박스에서 발생하는 에틸렌가스가 다른 포장박스에 영향을 주지 않도록 비닐팩으로 완전히 밀봉하였다. 이러한 과정은 그림16 에서 그림 17 까지 보여진다.



일반 바나나 포장박스

왁스코팅 바나나 포장박스

그림16. 제조한 바나나 포장박스



그림 17. 각 포장박스에 바나나 저장 과정

라. 방울토마토 왁스 포장재 저장실험 - 왁스를 코팅한 방울토마토 포장박스 제조 및 저장

과일의 저장기간별 신선도 유지평가를 위해 방울토마토에 적용하였다. 이 실험 역시 농협에서 구입한 일반 방울토마토 박스에 일정한 양($9\text{g}/\text{m}^2$)의 왁스를 방울토마토의 포장박스 전면에 코팅하여 일반 포장박스와 왁스 코팅 포장박스에 동일한 상태의 방울토마토를 넣은 후 항온항습실(22°C , 50%)에서 정해진 저장스케줄에 의해 바나나의 저장 상태를 조사하였다. 이 때 각각의 포장박스에서 발생하는 에틸렌가스가 다른 포장박스에 영향을 주지 않도록 비닐팩으로 완전히 밀봉하였다. 이러한 과정은 그림18에서 보여 진다. 저장기간 중 방울토마토의 부패정도를 파악하기 위해 부패개수를 측정하였다.



일반 방울토마토 포장박스

숏코팅 방울토마토 포장박스

각 포장박스의 밀봉처리과정

그림18. 제조한 방울토마토 포장박스과 처리과정

마. 실험결과

1) 숏코팅지의 에틸렌 가스 측정

바나나와 방울토마토의 에틸렌 가스 실험결과를 표5 와 표6 에 나타내었다.

| sample | 0h | 5h | 10h | 15h | 20h | 25h | 30h |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 샘플없는 병 | 18.705 | 17.779 | 17.537 | 17.309 | 17.537 | 17.309 | 17.309 |
| 라이너지 | 18.653 | 21.767 | 25.045 | 29.410 | 34.146 | 38.733 | 40.912 |
| 숏코팅지 | 17.788 | 19.603 | 22.247 | 25.919 | 29.261 | 32.407 | 34.985 |

표 5. 시간별 바나나의 에틸렌가스 증가표 (단위 ppm. 초기 약18 ppm).

| sample | 0h | 24h | 48h | 60h |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| 샘플없는병 | 18.705 | 17.779 | 17.537 | 17.309 |
| 라이너지 | 17.852 | 27.502 | 33.652 | 38.957 |
| 숏코팅지 | 18.454 | 23.765 | 28.163 | 31.837 |

표 6. 시간별 방울토마토의 에틸렌가스 증가표 (단위 ppm. 초기 약18 ppm).

다음 그림들은 이들을 각각 분석한 그래프들이다.

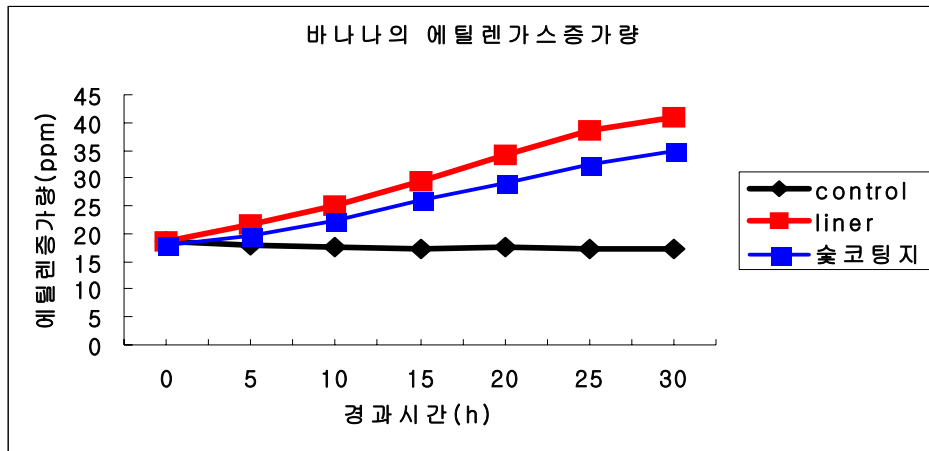


그림 19. 각 처리 조건에서의 바나나의 에틸렌 증가량

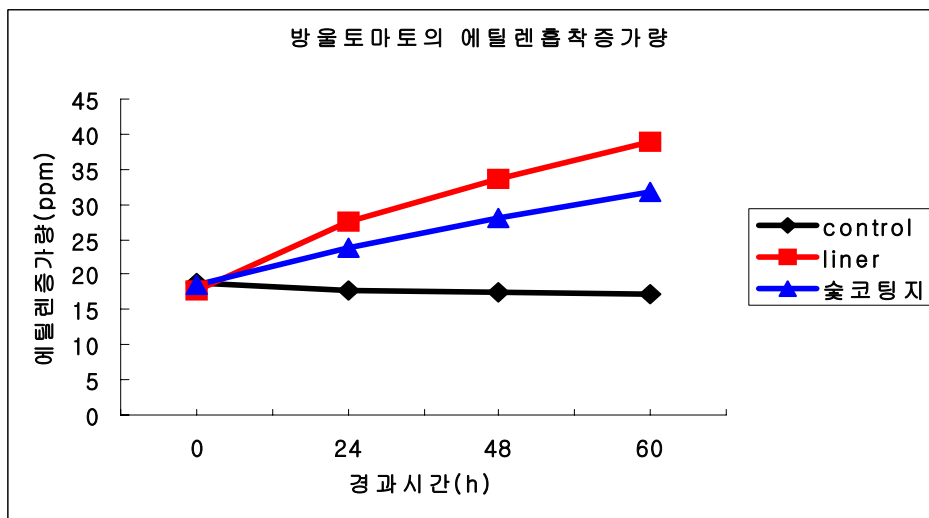


그림 20. 각 처리 조건에서의 방울토마토의 에틸렌 증가량

그림 19 와 그림 20 에서 처리시간이 경과함에 따라 바나나와 방울토마토에서 발생 되는 에틸렌 가스의 증가량이 일반 포장원지로 사용되는 라이너지보다 닥코팅지에 서의 가스발생량이 다소 적었다. 이것은 매우 적은 양의 닥의 함량으로 바나나의 에틸렌가스 발생량을 많이 흡착시키는 것을 의미하며, 신선도유지 포장재로 사용하기에 적당하다고 판단된다.

2) 바나나 저장 실험결과

저장 기간 중 바나나의 상태변화를 육안관측에 의해 그림 21 에서 그림 26 까지 나타내었다.



저장 직 후 일반포장박스



저장 직 후 왁스코팅 포장박스

그림 21. 저장 직 후 바나나의 상태



저장 2일 후 일반포장박스



저장 2일 후 왁스코팅 포장박스

그림 22. 저장 2일 후 바나나의 상태



저장 4일 후 일반포장박스



저장 4일 후 왁스코팅 포장박스

그림 23. 저장 4일후 바나나의 상태



저장 5일 후 일반포장박스

저장 5일 후 슛코팅 포장박스

그림 24. 저장 5일후 바나나의 상태



저장 6일 후 일반포장박스

저장 6일 후 슛코팅 포장박스

그림 25. 저장 6일후 바나나의 상태



저장 8일 후 일반포장박스

저장 8일 후 슛코팅 포장박스

그림 26. 저장 8일 후 바나나의 상태

위의 그림에서 보여 지는 것처럼 저장초기에는 바나나의 후숙 과정으로 저장 2일후 까지 바나나의 상태변화가 그다지 크지 않았다. 그러나, 저장 4일 후부터 일반 포장 박스에서는 바나나 표면에 반점이 발생하기 시작하였고, 점차 그 수가 증가했다. 이에 반해 숯 코팅 바나나 포장박스에서는 저장 후 6일후부터 바나나 표면에 반점이 발생하기 시작하였으며, 기타 특이사항을 보이지 않고, 신선도를 유지하고 있었다. 이는 같은 상온 조건하에서 숯 코팅바나나 박스는 숙성된 바나나를 약 2 일 동안 더 신선하게 유지할 수 있음을 보이고 있다. 이는 일반 바나나 박스가 공기가 잘 통하지 않는 상황에서 약 4일간 저장이 가능함에 비추어 상온에서 약 50%의 저장 기간 증대를 나타내고 있음을 알 수 있었다.

3) 방울 토마토 저장 실험 결과

| | 방울토마토 부패발생 개수 | | | | | | | |
|-------|---------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 실험시작 | +1일 09시 | +2일 09시 | +3일 09시 | +4일 09시 | +5일 09시 | +6일 09시 | +7일 09시 |
| 일반-1 | 0 | 0 | 0 | 8 | 2 | 2 | 4 | 4 |
| 일반-2 | 0 | 0 | 0 | 7 | 2 | 5 | 4 | 4 |
| 일반-3 | 0 | 0 | 0 | 12 | 2 | 6 | 8 | 10 |
| 일반-4 | 0 | 0 | 0 | 12 | 7 | 6 | 7 | 3 |
| 일반-5 | 0 | 0 | 0 | 9 | 4 | 11 | 7 | 8 |
| 평균 | 0 | 0 | 0 | 9.6 | 3.4 | 6 | 6 | 5.8 |
| 누적평균 | 0 | 0 | 0 | 9.6 | 13 | 19 | 25 | 30.8 |
| 숯코팅-1 | 0 | 0 | 0 | 7 | 1 | 3 | 4 | 4 |
| 숯코팅-2 | 0 | 0 | 0 | 8 | 3 | 6 | 4 | 3 |
| 숯코팅-3 | 0 | 0 | 0 | 10 | 3 | 4 | 4 | 3 |
| 숯코팅-4 | 0 | 0 | 0 | 6 | 2 | 4 | 4 | 2 |
| 숯코팅-5 | 0 | 0 | 0 | 4 | 3 | 4 | 4 | 2 |
| 평균 | 0 | 0 | 0 | 7 | 2.4 | 4.2 | 4 | 2.8 |
| 누적평균 | 0 | 0 | 0 | 7 | 9.4 | 13.6 | 17.6 | 20.4 |

표7. 저장기간에 따른 방울토마토 부패개수

저장 기간 중 방울토마토의 부패개수를 파악하고, 육안관측에 의해 부패정도를 분석하였다. 그 결과는 표7 과 그림 27 에서 그림 30 까지 나타내었다.



저장 3일 후 일반포장박스



저장 3일 후 슛코팅 포장박스

그림27. 저장 3일 후 방울토마토의 부패상태



저장 4일 후 일반포장박스



저장 4일 후 슛코팅 포장박스

그림28. 저장 4일 후 방울토마토의 부패상태



저장 6일 후 일반포장박스



저장 6일 후 슛코팅 포장박스

그림29. 저장 6일 후 방울토마토의 부패상태



저장 8일 후 일반포장박스



저장 8일 후 슛코팅 포장박스

그림30. 저장 6일 후 방울토마토의 부패상태

표7 에서 보여지는 것처럼 저장초기부터 슛코팅 포장박스의 부패개수가 다소 적었다. 또한 그림27 그림30 에서 방울토마토의 부패정도가 저장 3일후부터 일반 포장 박스에서 더 많이 발생했음을 보여주고 있으며, 슛코팅 포장박스는 수분감소가 주로 이루어진 반면 일반 포장박스에서는 부패 시에 곰팡이의 진행이 이루어지고 있음을 볼 수 있다.

2. 제 3 차년도 총괄 결론

본 세부과제 제 3차년도의 연구목표는 배의 과수봉지와 감자의 멀칭지에 슛을 이용하여 그 기능성을 높이고, 선도유지용 포장재를 만들어 신선도를 유지하는 저장기간을 늘리는 연구를 실시하는 것이었다. 선도유지 포장재의 내용물로는 에틸렌가스에 취약하고, 에틸렌 가스를 많이 품어내는 바나나와 방울토마토를 선택하였다. 실험 결과를 요약하면 다음과 같다.

* 슛코팅 이중착색봉지를 이용한 배 생육시험에서, 슛코팅 이중착색봉지는 이중착색 봉지나 노루지에 비해 색이 현저히 고르며 고급품질의 윤기나는 배를 생산하였다. 감천이나 신고배의 당도도 역시 노루지에 비해 높았으며, 이중착색봉지에 비해서는 약간 높은 편이었다. 배의 외관을 중요한 상품가치의 지표로 삼을 때에는 슛코팅 이중착색봉지의 과수봉지로의 사용이 충분히 가능하다고 판단된다.

* 비닐멀칭과 종이멀칭, 슛코팅 멀칭을 비교할 때, 슛코팅 멀칭은 전체 생산량에 있어서 무멀칭보다는 20%, 비닐멀칭보다는 10% 증산되었다. 또 슛코팅 멀칭이나 종이멀칭의 경우 감자를 수확할 때, 땅을 갈아엎으면 그대로 다시 사용할 수 있지만, 비닐멀칭의 경우, 비닐을 제거하고, 제거된 비닐을 또 처리해야하는 불편이 있었다. 감자 개체별 중량도 슛코팅 멀칭지와 비닐멀칭의 경우 차이가 없다고 판단되나, 무

멸칭의 경우는 현저히 작았다. 종이멸칭은 개체별 중량은 슛코팅 멸칭지와 차이가 없으나 개체수가 크게 부족하여 전체 생산량은 현저히 작았다. 따라서 슛코팅 멸칭지의 경제성을 고려한 후, 실제 생산에 적용될 충분한 가치가 있다고 판단된다.

* 바나나 포장재에 있어서, 공기의 흐름이 없는 상온에서는 신선한 바나나가 4일후부터 반점이 생기기 시작하여 급격히 품질이 저하되었지만, 슛코팅 포장재를 적용하는 경우 6일후부터 반점이 생기기 시작하였다. 실험실 용기로 실험한 결과도 슛코팅 포장재를 사용하는 경우 에틸렌 가스의 발생이 저하되는 모습을 발견할 수 있었다. 따라서 제한된 공간에서 바나나를 이송하는 경우, 슛코팅 포장재의 사용이 매우 유용하다는 것을 알 수 있었다.

* 방울토마토 역시 많은 에틸렌 가스를 품어내는 과일로 나타났으며, 포장재에 슛코팅 용지를 적용하는 경우 방울토마토의 부패개수가 약 30% 저하됨을 알 수 있었다. 항상 공기가 잘 통하는 환경 하에서 수확 후 유통이 되는 경우도 있지만, 대개의 경우 제한된 공간에서 운송하게 되므로, 포장재에 이러한 슛코팅 용지를 적용하는 것이 필요하다고 판단된다.

제 3장 협동연구 과제

제 1절 1년차 연구수행 결과

1. 서론

숯의 고유한 성질을 충분히 발휘하여 내화기준에 만족하는 표면코팅재료로 폐석고, 폐석탄회(Flyash), 기포콘크리트(Formed Concrete) 재료를 선정 후 이에 대한 기본 물성연구가 선행되었다. 또한 숯의 기본 공극촬영 및 폐석탄회를 첨가한 기포콘크리트의 실험결과를 살펴보았다. 이는 숯의 효능을 지키기 위해 시멘트독을 최소한 저감시키고자 하는 노력의 일환으로 공극을 유지하면서 강성을 유지하기 위한 적절한 방법으로 선정되었다.

가. 폐석탄회의 정의 및 발생과정

폐석탄회는 석탄을 연료로하는 화력발전소에서 미분탄을 약 1,400,1,500℃의 고온으로 연소시켰을 때 회분이 용융되어 고온의 연소 가스와 더불어 굴뚝에 이르는 도중에 급격히 냉각되어 표면장력에 의해 구형으로 생성되는 미세한 분말을 전기식 또는 기계식 집진기로 채취한 것을 말한다.

폐석탄회의 품질은 발전소의 운전조건이나 연소효율 및 집진시설에 따라 큰 차이가 있으며 그 발생량은 사용탄종에 따라 크게 달라진다.

국내에 생산되는 무연탄의 경우 원탄의 약 45%, 수입유연탄의 경우 원탄의 약 15%가 석탄재로 발생되고 이중 약 80%가 폐석탄회로 배출된다.

나. 폐석탄회의 분류

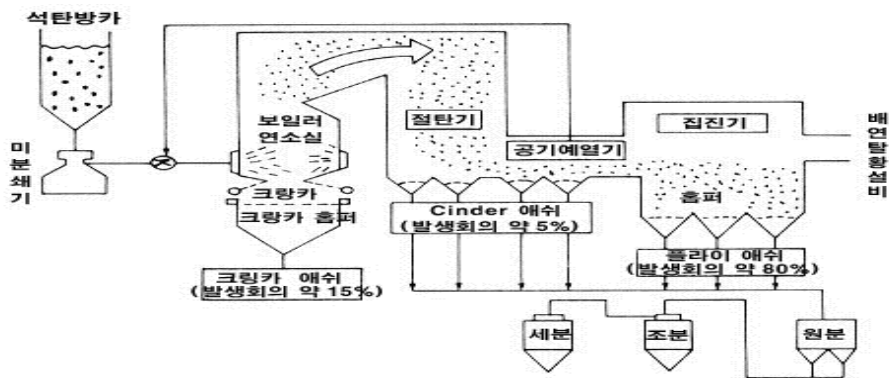
폐석탄회에는 많은 산화물이 존재하며 이들의 대부분은 SiO_2 , Al_2O_3 및 Fe_2O_3 등의 유리상으로 구성되며, 그 양에 따라 C급 및 F급의 폐석탄회로 분류한다.

① 고칼슘 폐석탄회(Class C)

$(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3) > 50\%$ 인 폐석탄회로 갈탄 또는 아역청탄의 연소시에 생성되는 비결정질의 유리구조로 되어있으며 석영, 석회, 경석고 및 C_3A , C_2S 등의 성분을 함유하여 결합성(cementitious property)을 가지며 포졸란 활성반응을 한다.

② 저칼슘 폐석탄회(Class F)

$(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3) > 70\%$ 인 무연탄 또는 유연탄의 연소시 생성되는 폐석탄회로 석영, 적철광, 자철광 등을 함유하고 비결정질의 유리구조로 되어 있으며 포졸란 활성반응을 한다.



[그림 1] 폐석탄회의 생산과정

다. 폐석탄회의 성질

1) 물리적 성질

일반적으로 폐석탄회의 압축율은 1.8로 실트질 흙과 유사하며, 버텀애쉬의 압축율은 1.4로 모래질 흙과 유사하게 나타난다.

다짐특성은 석탄회의 종류에 따라 다양하게 나타나나 일반적으로 모래질 흙에 가깝고 일반흙에 비해 최대건조밀도가 작으며 물에는 매우 민감하여 최적함수비보다 큰 함수비에서는 급격히 이토화하는 경향이 있다. 투수성은 물의 점성과 입자의 형상이나 입경 및 다짐도 등에 따라 다양하게 나타난다. 함수비률(최적함수비 $\pm 5\%$ 의 범위) 변화시킴에 따라 폐석탄회와 신더애쉬의 투수계수는 함수비의 증가에 따라 감소

하나 신더에쉬는 거의 변화가 없다.

2) 화학적 성질

폐석탄회의 물리적 성질이 콘크리트에 미치는 영향은 굳지 않은 콘크리트에서 현저한 반면 화학성분은 콘크리트의 강도와 화학저항성 등 굳은 콘크리트의 성질에 더욱 영향을 주는 것으로 알려져 있다.

폐석탄회 중의 가용성 SiO_2 는 시멘트 수화시 생성되는 수산화칼슘(Ca(OH)_2)과 상온에서 서서히 화합하여 불용성의 안정된 규산칼슘($\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)을 생성시켜 장기적으로 콘크리트의 압축강도를 증진시킨다.

폐석탄회에 함유된 산화마그네슘은 콘크리트내에서 반응하여 수산화마그네슘이 생성되어 콘크리트의 팽창을 야기하므로 이를 방지하기 위하여 대부분의 규정에서는 그 최대량을 5%이하로 제한하고 있다.

골재중의 반응성 규소(Si) 성분은 시멘트 함유되어 있는 알칼리와 반응하여 골재의 팽창을 일으켜 콘크리트 균열의 원인이 되므로 KS L 5404에서는 알칼리(Na_2O 로서) 함량을 최대 1.5%로 규제하고 있다.

[표 1] 국내 화력발전소별 폐석탄회의 성분

(단위 : %)

| 발전소명 \ 항목 | SiO_2 | Al_2O_3 | Fe_2O_3 | MgO | CaO | SO_3 | Na_2O | 습분 | Ig.loss |
|------------|----------------|-------------------------|-------------------------|-------------|-------------|---------------|-----------------------|------|--------------|
| 보령 | 63.55 | 28.5 | 4.20 | 0.76 | 1.20 | - | 1.47 | 0.14 | 7.1 |
| 영동 | 52.16 | 29.15 | 9.62 | 0.85 | 0.14 | 0.13 | 3.95 | 0.14 | 17.98 |
| 영월 | 49.51 | 27.78 | 4.36 | 0.83 | 0.35 | 0.28 | 4.09 | 0.07 | 10.38 |
| 호남 | 46.96 | 31.54 | 8.22 | 1.62 | 7.09 | - | 0.89 | - | - |
| 부산 | 59.02 | 29.36 | 7.14 | 0.42 | 0.26 | 0.20 | 4.14 | 0.04 | 17.66 |
| 서천 | 61.82 | 24.02 | 5.02 | 1.08 | 0.52 | 0.52 | 0.64 | 0.14 | 5.69 |
| 삼천포 | 67.77 | 24.49 | 5.10 | 1.23 | 2.15 | - | 0.45 | - | 10.30 |

* 한국전력공사 기술연구원 : 콘크리트혼화제로서의 석탄회 이용방안 연구, 1989, 4.

2. 재료 및 방법

가. 일반사항

1) 기포콘크리트의 정의

기포콘크리트는 시멘트 또는 석회에 모래나 혼화재료 등을 넣어 물과 혼합한 슬러리에 다량의 기포를 도입함으로써 콘크리트 내부에 작고 미세한 기포(0.11mm)를 형성시켜 경화시킨 다공질의 재료로 동일한 용적의 일반콘크리트보다 가볍게 만든 콘크리트를 말한다. 기포콘크리트는 기포의 도입이 가스나 공기에 의해 이루어지므로 가스콘크리트(Gas concrete), 에어콘크리트(Aerated concrete)라고도 하며, 기포제를 사용한다는 점에서 폼콘크리트(Foamed concrete)라고도 한다.

나. 분류

기포콘크리트는 그 제조 방법에 따라 폼콘크리트(Foamed concrete)와 가스콘크리트(Gas concrete)로 나뉘어지는데, 기포의 제조와 도입 순서에 따라 다음과 같이 분류된다.

1) 폼콘크리트(Foamed concrete)

폼콘크리트(Foamed Concrete)는 아직 굳지 않은 콘크리트용 슬러리에 기포제의 물리적 계면활성 작용에 의해 얻어진 기포를 콘크리트 중에 포함시키는 방법으로 제조되고 있으며, 선기포 방식과 혼합기포 방식으로 분류할 수 있다.

[표 2] 기포콘크리트의 분류 및 명칭

| | | |
|--|----------------------------|---|
| 기포콘크리트 (aerated concrete, cellular concrete, pore concrete, porous concrete) | 폼콘크리트 (foamed concrete) | <ul style="list-style-type: none"> ◦ 선기포콘크리트(pre-foaming foam concrete) 발포기에서 별도로 만든 기포를 슬러리와 함께 혼합하는 방법 ◦ 혼합기포콘크리트(mix foaming foam concrete) 기포제를 슬러리 중에 첨가해 혼합하는 과정에서 발포시키는 방법 |
| | 가스콘크리트 (gas concrete) | <ul style="list-style-type: none"> ◦ 후기포콘크리트(post foaming concrete) 금속 알루미늄 분말과 알칼리 반응으로 가스를 발생시켜 수소 가스를 발포시키는 방법 |

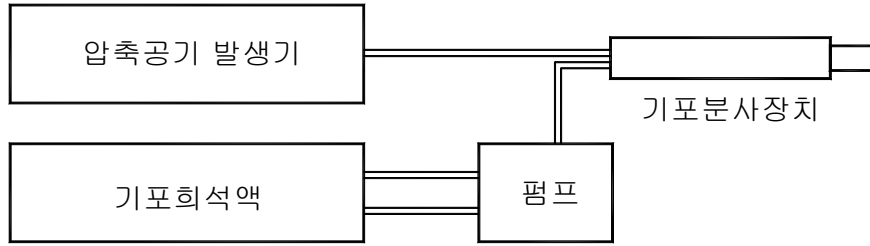
* Andrew Short / William Kinniburgh : Lightweight Concrete, 1978

2) 가스콘크리트(Gas concrete)

가스콘크리트는 아직 굳지 않은 콘크리트에 발포제의 화학반응을 통하여 얻어진 기포를 콘크리트 중에 포함시키는 방법으로 응결했을 때 다량의 기체반응이 포함된다. 발포제로는 알루미늄 분말이 가장 많이 사용되며, 발포원리는 활성 분말이 수산화칼슘 또는 알칼리 유리수소와 반응하여 수소가스를 발생시키는 원리이다. 이러한 방식을 후기포 방식(Post-foaming type)이라고 하며, 온도의 영향을 많이 받고 구형의 거칠고 영성한 기포가 형성되며 기포의 크기와 분포도 불균일한 편이다. 국내에서 사용되는 대표적인 후기포 방식의 기포콘크리트는 ALC를 들 수 있으며 블록이나 패널형태의 2차 제품을 제조하는 방식이다.

다. 기포의 제조

기포의 제조를 위한 기포발생장치의 개요는 다음의 그림과 같다. 기포희석액은 보통 25%로 희석하여 사용하며 동일한 기포제라 하더라도 회사마다 제조하는 기포액에 대한 성질이 조금씩 차이가 난다.



[그림 2] 기포발생장치의 개요도

기포분사장치에서 나오는 기포의 비중은 ASTM C796-97에서 3264g/l로 정하고 있으며, 기포제의 희석비율 및 기포희석액과 압축공기의 조절에 따라 달라지게 된다. 동일한 비중의 기포를 제조할 경우 기포제의 희석비율에 따른 기포희석액의 소요량과 기포희석액과 압축공기 양의 조절에 따른 기포비중의 변화는 표와 같다.

[표 3] 기포희석액의 양

| 종류 | 투입량 | | | |
|--------|------|-----|-----|-----|
| | 고정 | 고정 | 많다 | 적다 |
| 기포희석액 | 고정 | 적다 | 고정 | 고정 |
| 압축공기 | 많다 | 적다 | 고정 | 고정 |
| 기포의 비중 | 가볍다. | 무겁다 | 무겁다 | 가볍다 |

* ASTM C796-97 (Standard Test Method for Foaming Agents Use in Producing Cellular Concrete Using Preformed Foam)

일반적으로 발생된 기포가 자꾸 끊기며 덩어리져 나올 경우 압축공기가 너무 많이 들어갔거나 기포액이 너무 적은 경우이며 기포가 황색을 띄며 묽게 나오는 경우는 기포희석액이 너무 많거나 공기가 너무 적게 들어간 경우이다.

기포콘크리트의 품질은 기포의 발생상태에 따라 그 결과가 크게 영향을 받으므로 기포의 발생 시 기포가 기포발생기로부터 끊임없이 제조된 상태이어야 하며 발생된 기포는 소포가 없는 상태에서 즉시 사용하여야 한다.

3. 결과 및 고찰

가. 폐석탄회의 일반적 물성실험

1) 폐석탄회 종류별 물성실험 결과

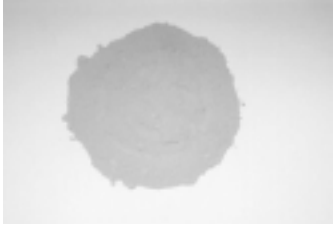

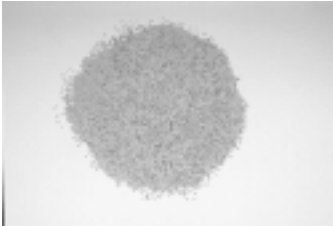
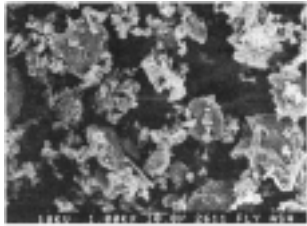
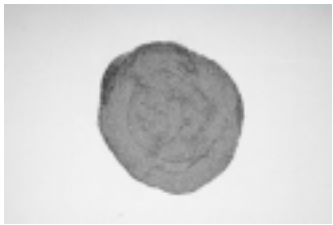
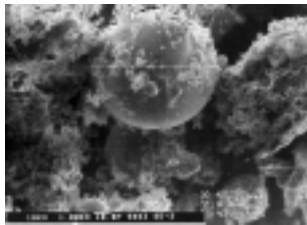
[표 4] 폐석탄회 종류별 물리적 특성

| 구 분 | 비 중 | 포졸란 활성도 (kg/cm ²) | 습 분 (%) | 강열감량 (%) |
|-----------|---------|----------------------------------|------------|-------------|
| 유연탄플라이애쉬 | 2.20 | 54 | 0.13 | 4.2 |
| 무연탄플라이애쉬 | 2.11 | 9 | 0.16 | 10.5 |
| 중 공 회 | 1.88 | 12 | 0.58 | 19.36 |
| 바 텀 애 쉬 | 1.92 | 11 | 0.47 | 19.37 |
| KS L 5405 | 1.95 이상 | 56 이상 | 1.0 이하 | 6.0 이하 |

실험결과에서 알 수 있듯이 유연탄 플라이애쉬의 특성의 포졸란 활성도 및 강열감량에서 우수한 값을 보였으며, 이는 KS에 규정된 값을 만족시킬 수 있는 만족된 결과였다. 그러나 무연탄 플라이애쉬는 강열감량 값이 비교적 높게 나타나, 복합재료 개발시 공기량 흡착이 많이 발생하여, 내구성 저하가 우려된다.

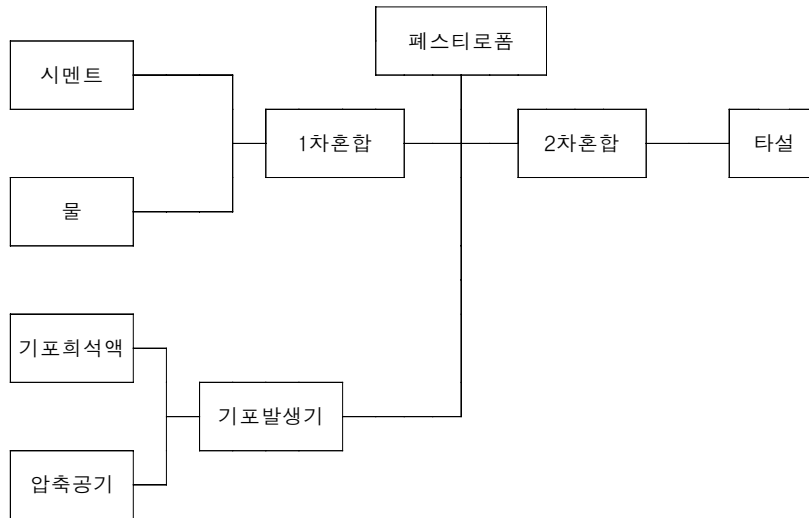
2) SEM(전자현미경)으로 관찰한 폐석탄회의 정밀사진

이러한 폐석탄회 종류별 기본 입자고찰 실험을 통해 다음과 같은 결과를 얻었다.

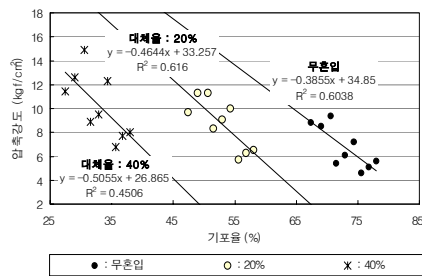
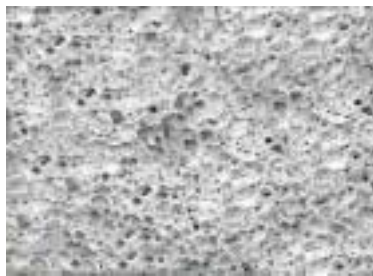
| | |
|---|--|
|  |  |
| 유연탄 플라이애쉬 | |
|  |  |
| 무연탄 플라이애쉬 | |
|  |  |
| 중 공 회 | |

나. 일반적 물성실험

1) 제조방법



[그림 3] 기포콘크리트의 제조방법



[그림 4] 기포콘크리트의 현미경 촬영 및 압축강도 관계

[표 5] 실험결과표

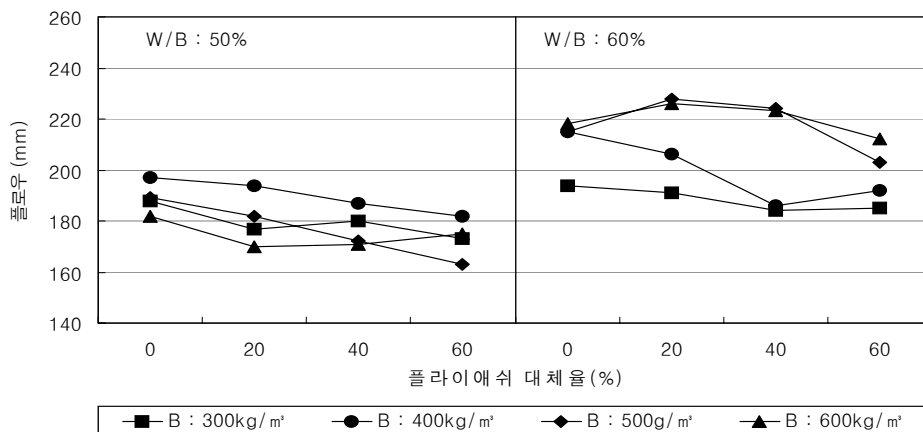
| No | 분체량 (kg/m ³) | 물분 체비 (%) | F.A (%) | 기포슬러 리비중 | 플로우 (mm) | 겉보기 비중 | 흡수율 (%) | 압축강도 (kgf/cm ²) | |
|-------|-----------------------------|-----------------|------------|-------------|-------------|-----------|------------|--------------------------------|------|
| | | | | | | | | 7일 | 28일 |
| A-a-1 | 300 | 50 | 0 | 0.33 | 188 | 0.35 | 35.0 | 5.9 | 9.2 |
| A-a-2 | | | 20 | 0.38 | 177 | 0.36 | 36.1 | 4.5 | 8.8 |
| A-a-3 | | | 40 | 0.42 | 180 | 0.39 | 33.6 | 3.7 | 7.0 |
| A-a-4 | | | 60 | 0.44 | 173 | 0.34 | 39.8 | 3.4 | 7.0 |
| A-b-1 | | 60 | 0 | 0.43 | 194 | 0.38 | 33.3 | 5.9 | 9.8 |
| A-b-2 | | | 20 | 0.47 | 191 | 0.40 | 32.8 | 6.1 | 9.1 |
| A-b-3 | | | 40 | 0.47 | 184 | 0.39 | 35.4 | 4.8 | 8.5 |
| A-b-4 | | | 60 | 0.43 | 185 | 0.37 | 36.9 | 3.6 | 6.2 |
| B-a-1 | 400 | 50 | 0 | 0.53 | 197 | 0.43 | 22.2 | 17.4 | 20.7 |
| B-a-2 | | | 20 | 0.52 | 194 | 0.47 | 23.9 | 14.7 | 18.6 |
| B-a-3 | | | 40 | 0.54 | 187 | 0.46 | 26.7 | 10.4 | 16.0 |
| B-a-4 | | | 60 | 0.64 | 182 | 0.43 | 27.2 | 6.4 | 11.0 |
| B-b-1 | | 60 | 0 | 0.62 | 215 | 0.49 | 25.8 | 17.3 | 25.4 |
| B-b-2 | | | 20 | 0.64 | 206 | 0.47 | 28.6 | 14.5 | 22.4 |
| B-b-3 | | | 40 | 0.59 | 186 | 0.47 | 27.8 | 11.9 | 22.4 |
| B-b-4 | | | 60 | 0.64 | 210 | 0.46 | 29.3 | 8.1 | 15.9 |
| C-a-1 | 500 | 50 | 0 | 0.70 | 189 | 0.57 | 21.2 | 26.1 | 32.6 |
| C-a-2 | | | 20 | 0.72 | 182 | 0.59 | 23.0 | 22.7 | 32.1 |
| C-a-3 | | | 40 | 0.75 | 172 | 0.57 | 23.2 | 17.9 | 26.3 |
| C-a-4 | | | 60 | 0.87 | 163 | 0.58 | 26.7 | 14.7 | 25.9 |
| C-b-1 | | 60 | 0 | 0.67 | 215 | 0.54 | 24.4 | 17.9 | 30.6 |
| C-b-2 | | | 20 | 0.67 | 250 | 0.56 | 25.3 | 15.5 | 25.7 |
| C-b-3 | | | 40 | 0.77 | 224 | 0.56 | 26.6 | 16.0 | 29.4 |
| C-b-4 | | | 60 | 0.73 | 203 | 0.52 | 25.4 | 9.3 | 20.4 |
| D-a-1 | 600 | 50 | 0 | 0.78 | 182 | 0.67 | 19.9 | 34.9 | 43.4 |
| D-a-2 | | | 20 | 0.83 | 170 | 0.69 | 24.3 | 32.0 | 39.0 |
| D-a-3 | | | 40 | 0.76 | 171 | 0.72 | 23.3 | 20.9 | 31.9 |
| D-a-4 | | | 60 | 0.85 | 175 | 0.68 | 22.0 | 14.3 | 30.2 |
| D-b-1 | | 60 | 0 | 0.94 | 218 | 0.73 | 22.3 | 38.2 | 53.4 |
| D-b-2 | | | 20 | 0.94 | 226 | 0.73 | 23.3 | 32.0 | 50.8 |
| D-b-3 | | | 40 | 0.92 | 223 | 0.70 | 23.6 | 23.6 | 46.3 |
| D-b-4 | | | 60 | 0.93 | 212 | 0.71 | 23.6 | 14.9 | 35.1 |

다. 기포콘크리트 관한 실험

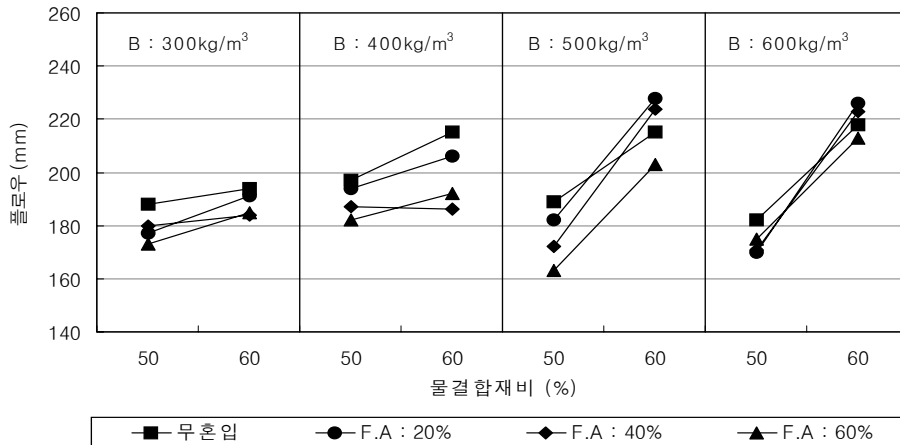
플라이애쉬를 혼입한 기포콘크리트의 역학적 특성을 분석하기 위한 실험을 통하여 [표 5]와 같은 결과를 도출하였다.

1) 플로우

본 실험에서의 플로우값은 163228mm의 범위를 나타내었으며, 플라이애쉬의 대체량이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었다. 일반적으로 플라이애쉬를 콘크리트용 혼화제로 적당량을 사용한 경우에는 둥근 모양의 플라이애쉬 입자의 영향으로 유동성을 개선시키는 것으로 알려져 있으나, 본 실험에서와 같이 기포콘크리트의 시멘트 대체제로 많은 양을 사용할 경우에는 이러한 유동성의 개선의 효과는 기대하기 어려운 것으로 판단된다.



[그림 5] 플라이애쉬 대체율에 따른 플로우



[그림 6] 물분체비에 따른 플로우

그러나 단위분체량 500, 600kg/m³의 경우 물분체비 60%에서 대체율 20%와 40%의 경우에는 시멘트만 사용한 배합에 비하여 플로우값이 높아지는 현상을 나타내었는데, 이것이 앞서 설명한 플라이애쉬의 유동성 개선의 효과인지는 불분명하며, 전체적인 경향으로 판단할 때, 플라이애쉬의 대체량이 증가할수록 플로우는 감소하는 것으로 보는 것이 타당하리라 판단된다.

또한 단위수량이 증가할 경우에는 유동성도 나아지며, 이러한 현상은 분체량이 높을수록 더욱 뚜렷하게 나타나는 것을 확인할 수 있다.

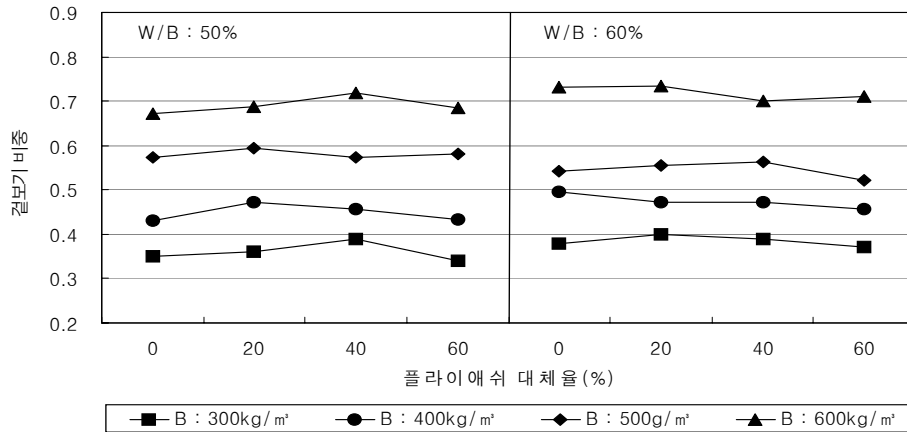
따라서 이러한 결과를 종합해 볼 때, 플라이애쉬의 대체량이 증가할수록 단위분체량이 증가할수록 단위수량도 증가시키는 것이 양호한 유동성을 확보하는데 적합하다고 할 수 있으며, 이와 같은 실험결과는 현장 작업자들이 품질관리를 해 나가는데 적합한 참고자료가 될 수 있을 것이다.

2) 겉보기 비중

플라이애쉬를 혼입한 기포콘크리트의 겉보기 비중은 단위분체량에 따라 0.340.73의 범위를 나타내었으며, 플라이애쉬 대체율에 따라서는 큰 변화가 없는 것으로 나타났다.

본 실험에서와 같이 시멘트에 비하여 비중이 낮은 플라이애쉬의 대체율을 60%까지 높여도 양생후의 겉보기 비중이 감소하지 않는 것은 시멘트량에 대하여 증량으로

대체하였으므로 대체율이 높아질수록 단위분체의 체적은 증가하나 증가한 용적만큼 기포의 체적은 감소하기 때문이며 결과적으로 플라이애쉬의 대체율은 기포콘크리트의 겉보기 비중에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 볼 수 있다.



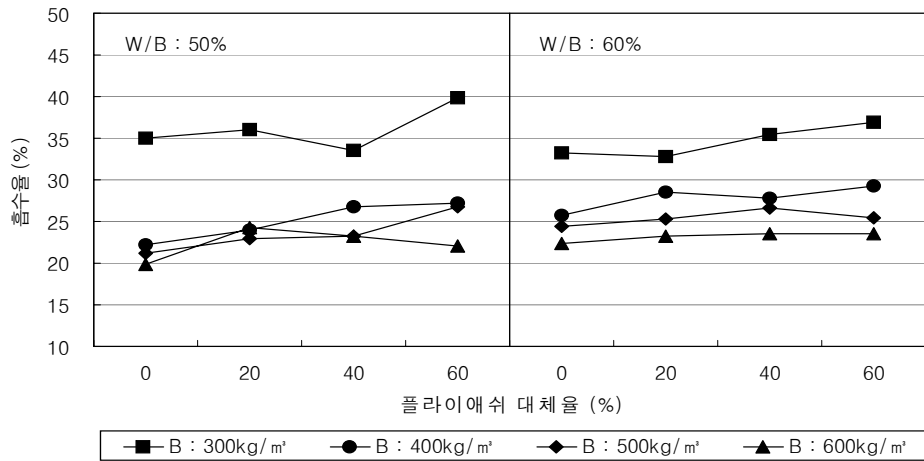
[그림 7] 플라이애쉬 대체율에 따른 겉보기 비중

3) 흡수율

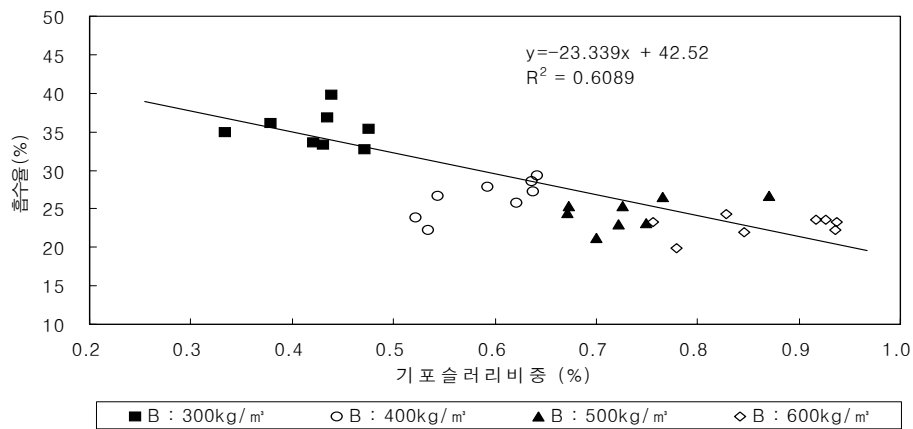
플라이애쉬를 혼입한 기포콘크리트의 흡수율은 단위분체량 및 대체율에 따라 19.939.8%의 범위를 나타내었으며, 주로 단위분체량에 따라 영향을 받는 것으로 나타났다.

플라이애쉬 대체율에 따른 흡수율의 경우 대체량이 증가함에 따라 약간씩 증가하는 경향을 나타내었으나 배합 조건에 따라 일관된 경향을 나타내지는 않아 그 영향이 미미한 것으로 판단된다.

따라서 이와 같은 실험결과로 볼 때, 기포콘크리트의 시멘트 대체제로 플라이애쉬를 사용할 경우 흡수율 개선의 효과는 기대할 수 없으나, 시멘트만 사용한 기포콘크리트에 비하여 성능이 현저하게 저하한다고 할 수도 없다.



[그림 8] 플라이애쉬 대체율에 따른 흡수율



[그림 9] 기포슬러리비중과 흡수율의 관계

4. 결론

- 1) 일반적으로 플라이애쉬를 콘크리트용 혼화재로 적당량을 사용한 경우에는 둥근 모양의 플라이애쉬 입자의 영향으로 유동성을 개선시키는 것으로 알려져 있으나, 본 실험에서와 같이 기포콘크리트의 시멘트 대체제로 많은 양을 사용할 경우에는 이러한 유동성의 개선의 효과는 기대하기 어려운 것으로 판단된다.
- 2) 플라이애쉬를 혼입한 기포콘크리트의 겉보기 비중은 단위분체량에 따라 0.340.73

의 범위를 나타내었으며, 플라이애쉬 대체율에 따라서는 큰 변화가 없는 것으로 나타났다.

3) 플라이애쉬 대체율에 따른 흡수율의 경우 대체량이 증가함에 따라 약간씩 증가하는 경향을 나타내었으나 플라이애쉬를 혼입한 기포콘크리트의 흡수율은 단위분체량 및 대체율에 따라 19.939.8%의 범위를 나타내었으며, 주로 단위분체량에 따라 영향을 받는 것으로 나타났다.

5. 참고문헌

- 1) 건설교통부, 경량기포 콘크리트 재료개발연구, 1996
- 2) 구해식, 경량기포콘크리트의 압축강도에 대한 실험적 연구, 대한건축학회논문집14권 1호, 1998.
- 3) 박상순, 고분자기포제를 이용한 기포콘크리트의 개발과 역학적 특성, 연세대학교 석사학위논문,1996.
- 4) 변근주 외, 「고분자 기포제를 이용한 경량기포콘크리트의 개발 (I), (II)」 콘크리트학회지 제 9권 1호, 1997.
- 5) 성찬용, 기포제가 모르타의 제성질에 미치는 영향에 관한 실험적 연구, 강원대학교 석사학위논문, 1984.
- 6) 안용득, 기포제를 사용한 모르타의 제성질에 관한 실험적 연구, 충남대학교 석사학위논문, 1984.
- 7) 강수근 외, High-Volume “플라이애쉬 콘크리트의 기포조직의 특성에 관한 연구”, 대한건축학회 추계학술발표논문집 제19권 2호, 1999.
- 8) 손창선, “플라이애쉬 콘크리트의 동결저항성에 대한 기포조직의 영향”, 대한건축학회 추계학술발표논문집 제18권 2호, 1998.
- 9) 下村匠・小ノ尺一雅, “細孔構造モデルによるコンクリート中の水分移動解析”, 콘크리트工学年次論文報告集, Vol.14, No.1, 1992.
- 10) R. Jones, “The Non-Destructive Testing of Concrete”, Mag of Concrete Res, Vol. 1, No.2, June, 1949.
- 11) ASTM C796-87a (Standard Test Method for Foaming Agents Use in Producing Cellular Concrete Using Preformed Foam)

제 2절 2년차 연구수행 결과

1. 서론

국내 주택의 주거환경 문제는 학회차원의 다양한 연구노력에도 불구하고 기업의 이윤에 부합되지 못하는 관심밖의 문제로 치부되어 왔다. 그러나 최근에 숯장판, 숯벽지, 옥침대 등 실생활에서 직접적인 개발상품이 출시되면서 새 정부에서는 많은 관심을 기울이고 있는 실정이다.

이에 본 연구는 기존의 석고보드 대체용으로 숯보드를 개발하고 표면이 검고 묻어나오는 문제점을 보완·개선하기 위해 표면 피복재료를 덮어 일체화된 실내용 바이오보드를 개발하기 위한 제조방법을 규명하고자 하였으며, 아래와 같은 조건을 만족시켰다.

1차년도 숯처리 표면코팅재료에 대한 연구결과로 숯의 높은 열전도성을 차단하는 재료로 기포콘크리트를 사용하였으나 숯 자체의 고유성질을 차단할 수 있는 문제점이 인식되어 재료의 첨가방법을 기공성이 풍부하며, 공극구조가 연속성을 지닌 소재를 첨가하여 연구결과와 단점을 보완하였다.

먼저, 바텀애쉬(Bottom ash)의 기본 물성을 조사하였고 무독성 여부를 판단하여 배합방법을 선정하였다. 또한, 바텀애쉬에 첨가하는 황토, 페스티로폴 등의 혼입율(0%, 10%, 20%, 50%, 60%) 조정하였으며, 결합제 배합비를 1:1, 1:2, 1:3(황토첨가량)으로 각각 실험하여 결과를 도출하였다.

2. 재료 및 방법

가. 사용재료 및 실험방법

1) 숯

숯에 관한 사항은 기본적인 연구가 되었기에 본 실험에서는 사용한 S사 제품의 숯 사진을 제시하였다.



[그림 10] 숯에 대한 전자현미경(SEM) 촬영

2) 황토

가) 문자 그대로 황색을 띤 흙이다. 그러나 학술적으로 보면 황토라는 흙은 원래 바람 의해 운반되어 쌓인 주로 0.05-0.1mm 실트(silt) 입자로 구성된 황색의 광물질(looses)을 말한다.

황토 속에는 약 2억-2억5천 마리의 미생물이 있다. 이 미생물 중에는 이끼, 곰팡이, 방선균, 세균 등의 미생물이 있는데 유기물을 분해하는 역할을 한다. 미생물에 의해 분해된 유기물은 모든 동, 식물은 물론 인간의 질병을 치료하는 약품으로까지 활용되고 있다.

나) 황토의 효능

황토는 일찍이 선조 때부터 우리 생활주변에서 유용하게 활용되어 왔다. 사람에서부터 동물, 물고기, 식물등에 이르기까지 우리 일상생활에 다양하게 이로움을 주며 현재까지 전해져오고 있다. 지금까지 황토가 유용하게 쓰여 온 근거들을 살펴보면 농사짓는 논에 객토로 활용했던 것은 산성화된 농토를 중화시키기 위한 방법이었으며, 적조현상으로 죽어 가는 바닷물에 황토를 뿌려 정화, 정수하는 방법도 객토와 동일한 개념으로 볼 수 있다.



[그림 11] 황토실험 장면

최근에는 유행처럼 등장하고 있는 황토매트, 황토침대, 황토방.

황토찜질방 등 황토의 생활용 기구와 피부 미용비누, 건강 식품들이 홍수처럼 쏟아지고 있다. 이렇듯 인간생활에서 유용하게 쓰인 황토가 난을 재배하는데도 다양하게

효과를 주고 있다.

다) 황토의 화학적 조성

황토는 석영조면암, 안산암, 화강암 등이 열수작용 및 풍화작용에 의하여 분해되어 생성되는 것이며, 화학식이 $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ 로 표시된다.

카올린(Kaoline)족의 광물은 기본 화학식이 $Al_2Si_2O_5(OH)$ 또는 $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ 이며, 이에 속하는 동질이상체(同質異像體)로는 카올리나이트(Kaolinite), 나카이트(Nacrite), 디카이트(Dickite), 할로이사이트(Halloysite)의 4가지가 있다. 이 중에서 할로이사이트는 기본조성이 카올리나이트나 기타 이상체와 같지만, 과잉의 수분을 함유하여 $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 4H_2O$ 로 되어 있는 것이 있고, 결정도도 낮은 광물이라 할 수 있다. 카올린족 광물의 여러 가지 성질을 비교하면 다음과 같다.

[표 6] 카올린족 광물의 성질

| 광 물 | 카올리나이트 | 나카이트 | 디카이트 | 할로이사이트 |
|-----|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| 화학식 | $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ | $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ | $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ | $Al_2Si_2O_5(OH)_{4n}H_2O$ |
| 결정계 | 단사정계 | 단사정계 | 단사정계 | 단사정계 |
| 광학성 | (-) | (-)또는 (+) | (+) | (-) |
| 비 중 | 2.609 | 2.581 | 2.589 | 2.609 |
| 비 고 | 결정은 일반적으로 층상이며, 염료를 흡수하여 다색성이 된다. | 벽개편은 썩기형이고, 진주광택이 있다. 염료를 흡수하지 않는다. | 주상결정이며, 벽개편은 능형에 가깝다. 염료를 흡수하지 않는다. | 점토광상에 수반된다. 결정화가 진행하면, Kaolinite가 된다. |

본 실험에 사용한 비활성황토는 경북 봉화산으로, 비중이 2.25의 황적색인 1차 점토성 천연광물로써, 공장에서 원석을 채취하여 No.100(0.15mm체)이하로 분쇄한 시료를 사용하였다.

또한 활성황토는 원료 황토를 800℃에서 60분간 가열하여 수냉시킨 것을 건조기에서 105±5℃로 항량이 되도록 건조한 다음 상온까지 냉각한 후 사용하였다. 화학적 성분은 표와 같다.

[표 7] 황토의 화학적 성분

| 성분 | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | 기타 |
|-------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|----|
| 함량(%) | 62.3 | 26.06 | 1.09 | 0.35 | 0.59 | - |

3) 바텀애쉬

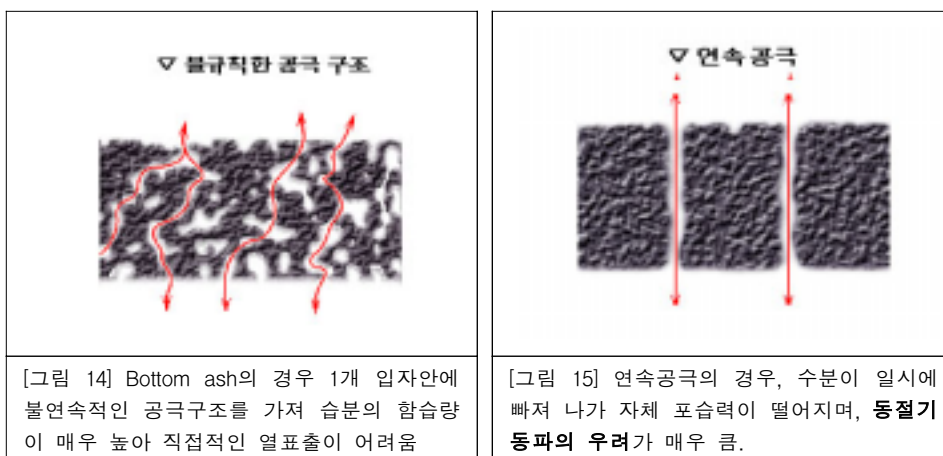
본 연구에 사용될 재활용 소재는 삼천포 화력발전소에서 채취한 Bottom ash로서 수입산 유연탄을 고로에서 다공성을 지니고 있어 함습율이 뛰어나며, 비중이 1.0±0.3 정도로서 양호한 결과 값을 보였다.

또한, 시멘트 벽돌의 중량(1개의 단위벽돌)이 1,834g에 비해, 기건중량 817g으로서 약 1/2배의 경량성을 보여주었다.



[그림 12] 바텀애쉬 표면공극 구조

[그림 13] 다양한 입자의 바텀애쉬



[그림 14] Bottom ash의 경우 1개 입자안에 불연속적인 공극구조를 가져 습분의 함습량이 매우 높아 직접적인 열표출이 어려움

[그림 15] 연속공극의 경우, 수분이 일시에 빠져 나가 자체 포습력이 떨어지며, 동절기 동파의 우려가 매우 큼.

또한, 다공성 블록으로 개발된 제품들은 재료의 조합상 불역속 다수층의 공극은 존재하지만, 불규칙한 공극구조가 아닌 연속공극으로 이루어져 수분의 흡습율이 낮아 식물성장에 치명적인 악영향을 미치는 요인으로 작용하고 있어, 이를 보완하는 추가 비용이 발생하는 아주 큰 단점을 지니고 있다.

또한, 바텀애쉬의 경우 불규칙한 공극구조를 지니고 있어, 산업폐기물인 세라믹계 Bottom ash의 경우, 건비중이 1.0 이하이며, 다공성을 지닌 경량석이므로 강성 및 내구성 증대 등의 추가기술만 뒷받침되면 부가가치가 매우 높을 것으로 사료된다.

실험에 사용된 Bottom Ash(BA)는 사천시 화력발전소에서 배출되는 소각재로, 2.00mm, 2.36mm, 4.75mm의 체로 체가름하여 포함된 이물질 제거 후 표건관리하여 사용하였다. Bottom Ash의 물리적 성질은 표 1과 같다. Bottom Ash는 화학적 조성성분은 SiO₂, CaO가 주성분을 차지하며 대부분 산화물의 형태로 존재하고 있다. 결과는 표와 같다.

[표 8] Bottom Ash의 물리적 성질

| 종 류 | 비 중 | 흡수율(%) | 최대치수(mm) |
|------------|------|--------|----------|
| BA(2.0mm) | 1.05 | 20.19 | 2.00 |
| BA(2.36mm) | 1.08 | 24.07 | 2.36 |
| BA(4.75mm) | 1.11 | 24.70 | 4.75 |

[표 9] Bottom Ash의 화학적 조성성분

| 성 분 | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | SO ₃ | Na ₂ O | K ₂ O | 기타 |
|--------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|-----------------|-------------------|------------------|-------|
| 함량 (%) | 22.09 | 7.02 | 5.19 | 43.70 | 1.51 | 4.87 | 2.97 | 1.88 | 10.77 |

나. 실험방법

1) 플로우 시험

플로우 값은 기포 슬러리가 펌프로 이송되는데 적합하고, 수평작업에 적합한 최소의 수치로 규명하고 있으며 KS F4039 에 제시된 최소 플로우 값은 180mm이다. 실험 방법으로는 KS F 4039에 따라 크기 350×350mm 유리판 위에 안지름 80mm 높이 80mm인 아크릴 원통을 세운 후 채취된 슬러리를 상부까지 붓고 남은 윗 부분은 수평 하게 제거한다. 원통을 살며시 들어 올려 1분 후에 시료가 퍼진 4방향에 대해 등간격으로 측정하여 평균값을 구하였으며 치수 측정은 1mm까지 측정할 수 있는 측정기를 사용하여 측정하였다.

2) 압축강도 시험

제품의 압축강도 실험은 KS F 4039, KS F 2459에 따라 실시한다. 일반적으로 콘크리트는 28일 강도를 기준으로 하지만, 제품은 주 용도가 바닥용이므로 후속 공정의 영향을 받으므로 작업 여건상 초기 강도가 중요하여 KS F 4039에서는 7일 및 28일 강도를 규정하였다.

압축강도 시험시 시험체를 만능재료시험기(UTM)의 가압판 위에 놓고 콘크리트 타설방향을 가압방향으로 하며, 시험기의 가압판과 공시체의 단면을 밀착시킨 상태에서 시험체가 충격을 받지 않도록 고르게 가해야 한다. 하중 속도는 원칙적으로 매초 $12\text{kgf/cm}^2(9.819.6\text{N/cm}^2)$ 로 한다. 압축강도는 공시체가 파괴되었을 때 시험기가 표시하는 최대 하중(N)(kgf)을 공시체의 단면적(cm^2)으로 나눈 값으로 하고, 평균값으로 나타낸다. 이때 사용하는 만능재료시험기는 저강도용으로 하였다.

3) 겉보기 비중 및 흡수율 시험

KS F 2459에 따라 공시체를 제작하여 겉보기 비중 및 흡수율 시험을 실시하였다. 공시체의 겉보기 비중은 절대 건조 겉보기 비중으로 나타내며, 양생이 끝난 공시체를 $105\pm 5^\circ\text{C}$ 에서 향량이 되도록 건조하여, 데시케이터에서 실온이 될 때까지 냉각시킨 중량 $W_0(g)$ 을 공시체의 체적 $V(\text{cm}^3)$ 으로 나눈 값으로 하며 다음 식에 따라 소수점 이하 둘째 자리까지 계산하고, 평균값을 구한다.

$$\text{절대건조 겉보기 비중} = \frac{W_0}{V}$$

여기에서 공시체의 체적 $V(\text{cm}^3)$ 은 원칙적으로 실 치수를 측정하여 산출한다.

또한 흡수율은 양생이 끝난 직후의 공시체의 중량 $W_1(g)$ 에서 겉보기 비중을 측정하기 위해 구한 중량 $W_0(g)$ 을 제한 값을 공시체의 체적으로 나눈 값에 대한 백분율로 표시하며 다음의 식에 의해 구하였다.

$$\text{흡수율(\%)} = \frac{W_1 - W_0}{V} \times 100$$

실험방법의 순서는 다음사항에 따라 준하여 실시하였다.

- ① 각 재료의 비중실험을 실시한다.
 - 잔골재 대체 재료인 황토는 비중시험과 흡수율 측정을 추가로 실시.
 - 시멘트 대체 재료인 바텀애쉬는 비중시험과 흡수율 측정을 추가로 실시.
- ② 각 재료의 비중을 이용하여 중량배합 계획표를 작성한다.
 - 황토는 잔골재에 대해 물시멘트+바텀애쉬비(W/B)와 잔골재율(S/A)에 따라 각각 10%, 20%, 40%의 대체율을 적용한다.
- ③ 시멘트를 제외한 각 재료를 표면건조내부포화 상태로 만든다.
- ④ 황토는 NO.3 체로 쳐서 통과하는 것은 잔골재로 사용한다. 또한, 바텀애쉬는 NO.5 체로 쳐서 No.4에 남은 것을 사용한다.
- ⑤ 배합계획표에 의해 각 재료의 중량을 정확히 측정하여 배합한다.
- ⑥ 슬럼프 값이 적정수준에 못 미칠 경우 배합계획표의 수치를 조정하여 최종 배합계획표를 만든다.
- ⑦ 최종 배합계획표에 의해 배합된 콘크리트는 지름 50mm, 높이 100mm의 원형몰드에 넣어 실온에서 28일 강도시험 전까지 양생한다.
- ⑧ 양생방법은 심재를 건조상태 약 100℃까지 가열한 후, 항온항습장치에서 습도 60% 전후에서 24시간 가열하여 피복 양생한다

다. 각 재료별 예비실험

1) 예비실험 1 : 황토+바텀애쉬를 첨가한 표면코팅재 개발 실험

본 예비실험에서 사용재료를 바텀애쉬 입자에 황토를 10%씩 변화하여 첨가하였다. 사용재료의 선정은 바텀애쉬의 새로운 표면피복재료의 선택으로 숯의 효능을 최대한 발휘할 수 있으면서 경화체의 강성을 유지할 수 있는 배합계획을 선정하고자 하였다. 이를 위해 물결합재비는 50~60%로 변화주었으며, 배합비는 1:1을 기준으로 1:3과 1:6으로 차이를 주어 성능변화를 검토하였다.



[그림 16] 제조된 황토 피복재료

2) 예비실험 2 : 바텀애쉬+플라이애쉬를 첨가한 표면코팅재 개발 실험

본 예비실험 2에서는 숯보드의 표면 피복재료의 마모성능이 중요하므로, 이에 대한 보완할 수 있는 방법에서 고안된 실험이다.

이를 만족시키기 위해서는 마모성과 내구성이 동시에 만족되어야 하며, 또한 기공을 통해 외부공기가 숯까지 도달하여 효능발휘가 되어야 하므로 바텀애쉬를 먼저 기본 배합으로 하고, 기존 연구결과에서 입증된 장기강도 증진과 수화열 감소, 그리고 내

구성 증대를 가져올 수 있는 소재인 삼천포산 플라이애쉬를 첨가하였다.



[그림 17] 바텀애쉬+플라이애시 피복재료 제조과정

이를 위해 물결합재비는 50~60%로 변화주었으며, 배합비는 1:1을 기준으로 1:3과 1:6으로 차이를 주어 성능변화를 검토하였다.

3) 예비실험 3 : 바텀애쉬+페스티로폼(EPS)을 첨가한 표면코팅재 개발 실험

본 실험에서는 페스티로폼을 활용하여 제품의 경량성과 단열성을 높이고, 부서지기 쉬운 숯의 보호를 위한 탄력성 소재를 첨가하여 성능평가를 실시하였다.



[그림 18] 바텀애쉬와 페스티로폼의 실험과정

따라서 재활용소재인 폐 E.P.S를 바텀애쉬에 첨가하여 단위용적중량 시험과 열전도율 시험, 그리고 압축강도를 평가하여 제품의 타당성을 평가하였다.

그러나, 건축물 내부의 석고보드를 본 개발제품으로 대체를 할 경우, 내화성 기준에 만족하기 어려움이 있었다. 따라서 예비실험 1, 2에서 나타난 결과값이 양호할 경우, 이를 혼합적용하는 방안을 적극 검토하여 숯보드용 표면 코팅재로서의 단점을 개선하고자 하였다.

이를 위해 물결합재비는 50~60%로 변화주었으며, 폐 E.P.S를 10%씩 증가하여 혼입하였고, 배합비는 1:1을 기준으로 1:3과 1:6으로 차이를 주어 성능변화를 검토하였다.

이상의 실험결과에 얻은 표면코팅재의 최종 선정배합은 다음과 같다.

- ① 열전도율 실험값에 나타난 바텀애쉬의 첨가는 본 심재의 숯의 효능을 최대한 살리고(밖으로 표출되고) 외부 인자들로부터 보드자체를 보호할 뿐 아니라 내화규정에 적합한 바이오 보드를 개발하는데 탁월한 효과가 있음을 알 수 있었다.
- ② 바텀애쉬와 황토 또는 페스치로폴(E.P.S)의 첨가의 경우, 황토첨가로 인한 고유한 성능추가 효과가 있음을 알 수 있으며, 경량성 및 단열성을 좀더 구체화 할 수 있는 첨가재로 사용될 수 있었다.
- ③ 표면코팅재료의 다양한 물성조사 후 바이오보드류가 가능한 필요한 코팅재료의 피복두께 결정이 이후 진행되어야 할 것이며, 지방서에 규정된 제품군별 제조에 따른 평가가 뒤따라야 할 것이다.

표에서 나타난 바와 같이 황토+Bottom ash배합에서 성능만족 조건을 가장 양호하게 관찰 할 수 있으며, 기타 다른 조건에서는 보완대책이 필요함을 알 수 있었다.

본 연구에서는 숯의 음이온 방출, 흡착효능을 보존하고, 표면피복 재료의 다공성을 중심으로 연구하였기에 새로운 소재인 세라믹계 Bottom ash의 역할을 매우 중요하게 작용하였다.

따라서 불연속 공극구조를 지니고 있는 재활용 소재의 입형 및 입자선별을 위한 사전조치와 해수에 의한 염해피해 대책이 필요할 것이다. 그러나 금속 철제류가 포함되어 있지 않는 본 제품에는 그 영향력이 없다고 할 수 있으며, 시멘트 제품이 첨가될 경우(내구성 확보차원) 제품의 중화처리가 필수적이라 할 수 있다.

즉, 제품완성 단계에서 세척 및 약품처리를 통해 양생후의 마지막 과정을 통한 품질 관리가 중요하다 할 수 있을 것이다.

[표 10] 표면코팅재료의 성능평가 비교표

| 구분(표면코팅재료) | 성능 평가 | | | | 비 고 |
|-----------------|-------|-----|-----|-----|------------------------------------|
| | 경량성 | 단열성 | 내구성 | 내화성 | |
| 황토+바텀애쉬 | × | △ | △ | ○ | 재료의 경량성은 다소 떨어지나 양호한 성능을 보임 |
| 플라이애쉬+바텀애쉬 | △ | △ | × | ○ | 내구성이 떨어짐 |
| 페스치로폴(EPS)+바텀애쉬 | ○ | ○ | △ | × | 내화성이 떨어지므로 표면재료로 사용할 경우 보완대책이 필요함. |

4) 최종 배합설계 선정

본 연구는 여러번의 예비실험을 통해 적정 배합량을 찾고 제조과정을 피드백 시스템을 통해 최소공정과 최소비용의 원칙에 합당하게 적용하여 최적의 제조공정을 선정하였다.

제조공정의 순서는

① 이미 가압성형하여 만들어진 숯보드를 향온항습기에서 양생 1일이 경과할때까지 반경화 상태로 유지한 후, ② 보드 표면에 피복재료와의 부착성능을 높이기 위한 방청 처리된 망(3~5mm)을 1차 도포하고 ③ 제조한 재활용 소재로 혼합물을 1단계 피복과 2단계 피복으로 나누어 분사·도포하여 양생 28일까지 향온항습(80±10℃, 절대습도 50%±5)기에 보양한 다음, 결과검증을 위해 폼알데히드 측정을 통해, 피복전과 피복후의 보드 효능이 그대로 유지되는 것을 확인하였다.

따라서 본 배합선정은 예비실험 1, 2, 3을 통해 피복재료를 1차와 2차로 구분하여 적용하기로 결정하였다. 즉, 1차 피복재료는 숯 보드의 표면위에 도포하고, 2차 피복재료는 1차 피복재료를 반경화상태에서 또 다시 도포하여 표면의 경성을 높이고자 하였다.

구체적인 본 개발제품의 구성은 다음과 같다. 황토, 바텀애쉬에 폐EPS를 혼합하여 1차 양생을 거친후, 반건조 상태에서 플라이애쉬(분말도 4,000cm³/g 이상)+기포제에다 물과 혼합하여 다량의 기포를 도입함으로써 작고 미세한 기포(0.1~1mm)를 형성시켜 경화시킨 다공질의 재료로서, 수요자의 요구에 따라 착색제의 색깔을 달리하여 선택적으로 적용할 수 있도록 했다. 이렇게 만들어진 피복재료를 숯보드 표면에 분사하여

최종도포를 완성함으로써 동일한 용적대비 경량성과 내구성, 내화성 등을 증대시킬 수 있는 소재개발이 가능하였다.

3. 결과 및 고찰

본 배합은 예비실험을 통해 결정된 배합인자중 황토+바텀애쉬+페 EPS를 최종혼합하여 실험하기로 결정하였다.

이를 위해서는 바텀애쉬를 용적 100으로 기준배합으로 페 EPS를 용적의 20% 대체 혼입한후, 혼합한 재료를 건비빔으로 믹싱하여 물결합재비를 변화시키고, 황토 첨가량을 10%에서 30%까지 적용하여 실험하였다.

가. 단위용적 중량

일반적으로 단위용적중량이 $2t/m^3$ 이하이면 경량이라고 할 수 있다. 본 실험에서도 1.73~1.33범위까지 값을 보여, 석고보드 대체용인 숯보드를 건축물 내장에 적용할 경우, 공사의 간편성, 작업의 편리성, 제품의 가공성이 뛰어날 것으로 판단된다.

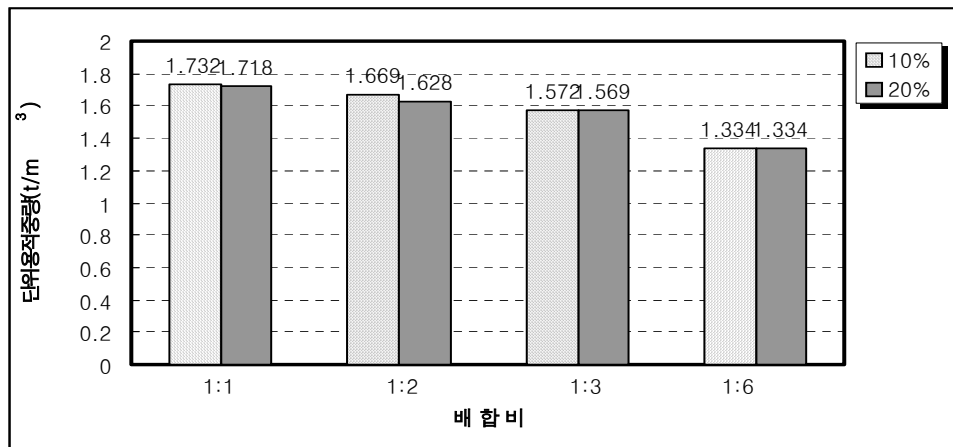
특히, 황토의 배합에 따라 다소의 차이를 보이지만, 배합비 증대에 따른 중량감소도 비례적으로 나타나고 있다.

이는 페스티로폼의 낮은 비중과 더욱이 바텀애쉬의 경량성이 합해져 전체 제품의 중량을 감소시킬 수 있었던 것으로 판단된다. 따라서 배합비를 1:6 이상까지 증가시켰을 경우 표면의 치밀도가 떨어질 우려가 있으므로 압축강도, 단열효과, 내구성 등을 종합적으로 검토하여 적정배합인자를 선정하여 할 것이다.

[표 11] 실험결과표

| 배합설계 | | 표건중량 (kg/cm ³) | 절건중량 (kg/cm ³) | 단위용적중 량 (t/m ³) | 흡수율 (%) | 압축강도 (kgf/cm ²) | 열전도율 (kcal/mh℃) | |
|----------------|-------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|--------------|--------------------------------|--------------------|--------------|
| 1:1 배합 비 | W/B=30% 첨가 10% | 1 | 276.00 | 192.50 | 1.740 | 3.25 | 220.00 | 0.978 |
| | | 2 | 277.50 | 190.00 | 1.720 | 3.53 | 200.00 | 0.958 |
| | | 3 | 276.50 | 192.00 | 1.736 | 3.56 | 200.00 | 0.974 |
| | | 평균 | 276.67 | 191.50 | 1.732 | 3.38 | 200.00 | 0.97, |
| | W/B=50% 첨가 20% | 1 | 267.00 | 246.00 | 1.728 | 2.87 | 220.00 | 0.912 |
| | | 2 | 262.50 | 243.50 | 1.718 | 2.24 | 280.00 | 0.923 |
| | | 3 | 271.50 | 248.50 | 1.718 | 2.47 | 200.00 | 0.926 |
| | | 평균 | 267.00 | 246.00 | 1.718 | 2.86 | 233.33 | 0.92, |
| | W/B=60% 첨가 30% | 1 | 272.00 | 248.00 | 1.784 | 2.82 | 260.00 | 0.989 |
| | | 2 | 269.50 | 252.00 | 1.716 | 2.49 | 280.00 | 0.978 |
| | | 3 | 268.00 | 249.00 | 1.792 | 2.09 | 280.00 | 0.996 |
| | | 평균 | 269.83 | 249.67 | 1.697 | 2.47 | 273.33 | 0.99 |
| 1:2 | W/B=60% 첨가 10% | 1 | 267.00 | 246.00 | 1.668 | 2.87 | 120.00 | 0.856 |
| | | 2 | 264.50 | 244.50 | 1.656 | 2.56 | 120.00 | 0.865 |
| | | 3 | 263.00 | 248.00 | 1.684 | 2.70 | 120.00 | 0.869 |
| | | 평균 | 264.83 | 246.17 | 1.669 | 2.04 | 120.00 | 0.86 |
| | W/B=60% 첨가 20% | 1 | 259.50 | 241.00 | 1.628 | 2.13 | 140.00 | 0.854 |
| | | 2 | 257.50 | 244.00 | 1.652 | 2.24 | 180.00 | 0.853 |
| | | 3 | 263.50 | 238.00 | 1.604 | 2.68 | 100.00 | 0.855 |
| | | 평균 | 260.17 | 241.00 | 1.628 | 2.35 | 140.00 | 0.85 |
| 1:3 | W/B=60% 첨가 10% | 1 | 244.50 | 223.00 | 1.584 | 2.79 | 160.00 | 0.782 |
| | | 2 | 239.00 | 217.50 | 1.540 | 2.00 | 120.00 | 0.785 |
| | | 3 | 244.50 | 224.00 | 1.542 | 2.38 | 160.00 | 0.789 |
| | | 평균 | 242.67 | 221.50 | 1.572 | 2.72 | 146.67 | 0.79 |
| | W/B=60% 첨가 20% | 1 | 233.00 | 209.50 | 1.576 | 2.09 | 90.00 | 0.775 |
| | | 2 | 228.50 | 205.00 | 1.540 | 2.28 | 84.00 | 0.778 |
| | | 3 | 233.50 | 211.50 | 1.592 | 2.42 | 90.00 | 0.780 |
| | | 평균 | 231.67 | 208.67 | 1.569 | 1.93 | 88.00 | 0.78 |
| | W/B=60% 첨가 30% | 1 | 241.00 | 226.50 | 1.512 | 1.02 | 90.00 | 0.742 |
| | | 2 | 239.50 | 220.50 | 1.564 | 1.93 | 100.00 | 0.745 |
| | | 3 | 243.50 | 230.00 | 1.540 | 1.54 | 108.00 | 0.756 |
| | | 평균 | 241.33 | 225.67 | 1.505 | 1.50 | 99.33 | 0.75 |

| | | | | | | | | |
|-----|-------------------|----|---------------|---------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
| 1:6 | W/B=60% 첨가 10% | 1 | 239.50 | 220.00 | 1.360 | 1.14 | 80.00 | 0.736 |
| | | 2 | 237.00 | 217.50 | 1.340 | 1.23 | 70.00 | 0.736 |
| | | 3 | 234.00 | 213.00 | 1.304 | 1.97 | 77.00 | 0.734 |
| | | 평균 | 236.83 | 216.83 | 1.334 | 1.45 | 75.67 | 0.74 |
| | W/B=60% 첨가 20% | 1 | 234.00 | 211.50 | 1.392 | 1.62 | 78.00 | 0.712 |
| | | 2 | 233.50 | 211.50 | 1.392 | 1.42 | 75.00 | 0.722 |
| | | 3 | 234.50 | 212.00 | 1.396 | 1.59 | 75.00 | 0.721 |
| | | 평균 | 234.00 | 211.67 | 1.393 | 1.54 | 76.00 | 0.72 |

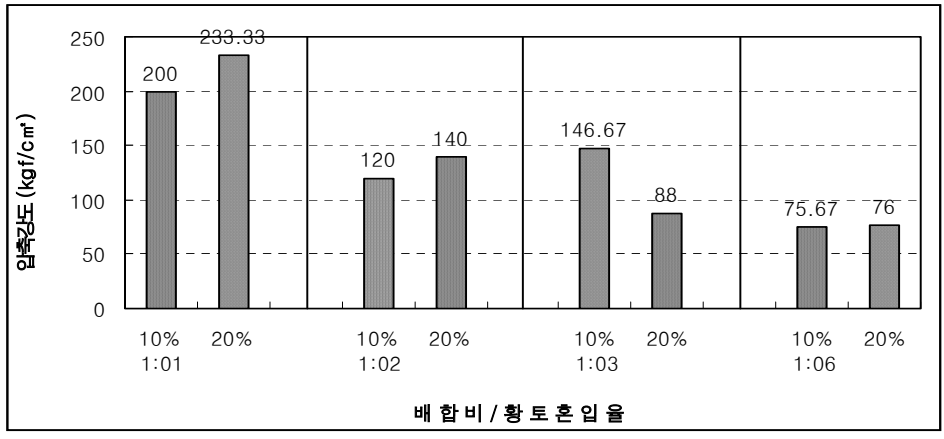


[그림 19] 배합비별 황토혼입에 따른 단위용적 중량

나. 압축강도

압축강도의 경우, 황토 혼입을 20%까지 전 재령에 걸쳐 평균 9.4%씩의 압축강도 증가를 보이다가 혼입을 30% 이상에서는 평균 6.9%씩의 압축강도 감소를 가져왔다. 더욱이 부배합 일수록 그 차이는 높게 나타나 황토 혼입범위는 20%까지 투입한계를 결정할 수 있었다.

본 표에서는 30% 값을 나타내지 않았다. 그 이유는 30% 범위에서 실험한 값의 신빙성이 떨어지며, 경화 12시간 이후에도 응결현상이 나타나지 않아 배합계획이 설정되었지만, 실험결과에서 결과 값을 삼입하지 않은 이유이다.



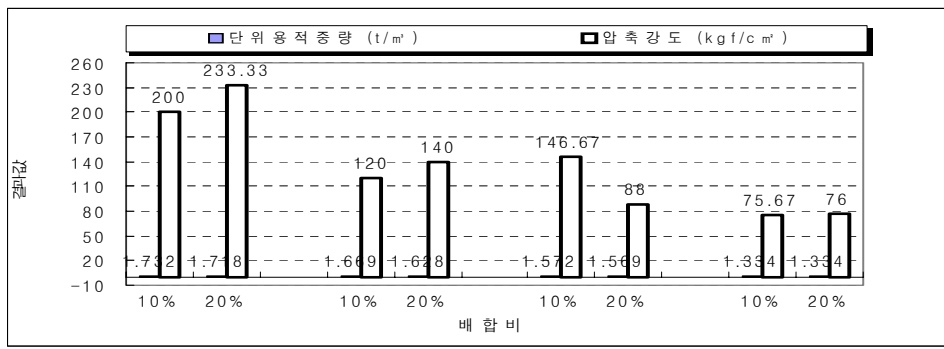
[그림 20] 배합비별 황토혼입에 따른 압축강도

이는 비활성황토의 혼입량이 증가할수록 압축강도에는 불리하나, 황토무혼입 배합과 비교하여 볼때 황토의 활성화 온도에서 포졸란 반응을 보여 우수한 성능을 발휘한 것으로 사료되며, 비활성황토 혼입시 혼입량 20%의 경우가 최적배합으로 판단된다.

다. 단위용적중량 대비 압축강도 및 열전도율

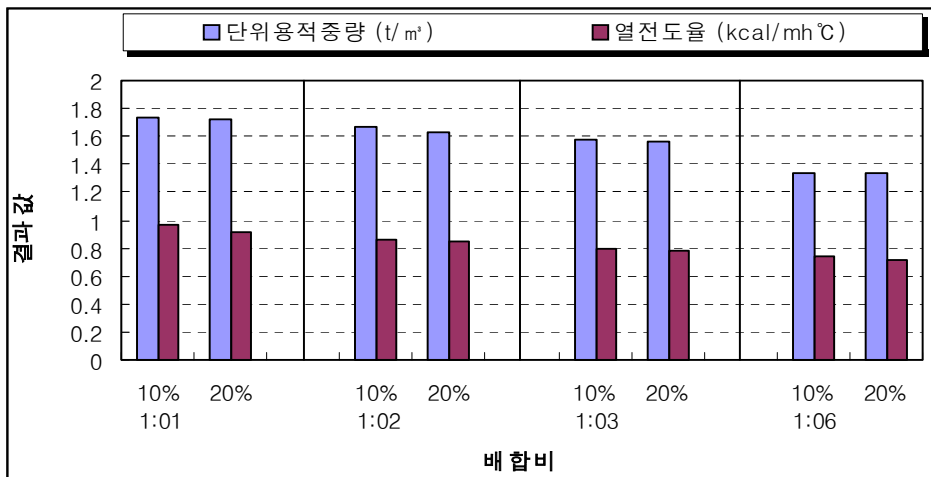
황토혼입율 10%에서 20%로 증가함에 따라 전반적으로 비례현상을 보이고 있다. 배합비별로 단위용적중량의 값이 하락한 만큼 압축강도 값이 감소하고 있는데 결과 값이 비례적으로 하락하는 것을 알 수 있었다.

즉, 제품내부의 치밀정도에 따라 압축강도 값은 유사한 경향으로 나타나며, 특히 페스티로폼 대체량이 많이 빈배합에서는 중량 및 강도 저하현상이 동일하게 나타났다.

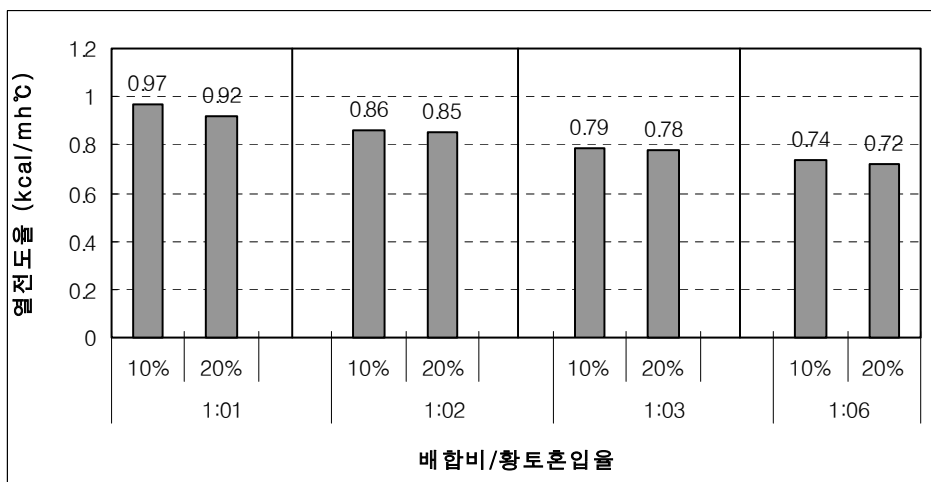


[그림 21] 단위용적중량과 압축강도 비교

또한, 열전도율 현상도 압축강도와와의 중량감소에 비례적으로 성능개선이 되어, 강도 증대를 도모하고 경량성을 유지하는 것이, 숯 보드의 효능발휘에 많은 영향력을 발휘한다는 증거를 보여준 것이다. 따라서 열전도율이 가장 낮은 값을 보인 1:6 배합에서는 제품 내부에 독립기공이 많이 분포되어 있으며, 이는 외부로부터 열차단 효과를 발현하는 동시에 보드 내부에서 숯 효능 발산효과를 보여주어 대단히 만족스러운 결과를 보였다.



[그림 22] 단위용적중량과 열전도율 비교



[그림 23] 배합비별 황토혼입에 따른 열전도율

4. 결론

이상의 예비실험 3단계와 최종 결정된 표면피복재의 다양한 성능은 매우 만족스러운 결과 값을 보였다.

즉, 이러한 제반 조건을 만족시키는 표면 피복재료의 개발은 숏보드 뿐만 아니라 황토보드 및 바닥재, 천장재 등 폭넓은 범위에 적용되리라 판단되며, Mock-up Test를 통해 실제 건축물 적용을 위한 다음과 같은 제품규준에 만족하여야 할 것이다.

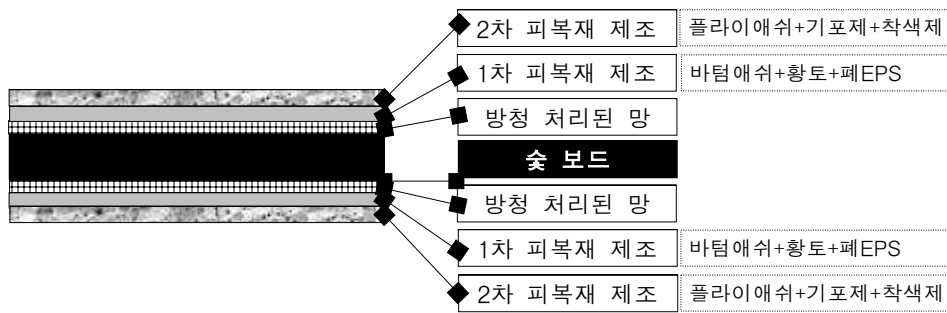
- 1) 표면피복재의 필수적인 조건은 내장된 심재의 기능을 그대로 표출시킬 수 있는 공극구조를 가져야 하며, 더욱이 실내공간에 적용하기 위해서는 화재시 내화규준에 만족하는 불연재료이어야 한다.
- 2) 표면피복재료는 심재와의 접착성이 우수하여 재료분리 현상이 없어야 하며, 제품의 수축변화, 열전도율, 표면재의 압축강도, 비중 등이 KS에서 규정한 품질규정에 만족시켜야 한다.

[표 12] 경화한 기포콘크리트의 품질규정(KS F 4039)

| 구분 | 겉보기 비중 | 플로우 (mm) | 압축강도 [N/mm ² (kgf/cm ²)] | | 열전도율 [W/mk (kcal/mh°C)] | 길이변화율 (%) |
|-------|--------|----------|--|--------------|----------------------------|--------------|
| | | | 7일 | 28일 | | |
| 0.4 폼 | 0.30.4 | 180 이상 | 0.5(5.10)이상 | 0.8(8.15)이상 | 0.130 (0.112) 이하 | 0.5 이하 |
| 0.5 폼 | 0.40.5 | | 0.9(9.18)이상 | 1.4(14.28)이상 | 0.160 (0.138) 이하 | 0.4 이하 |
| 0.6 폼 | 0.50.7 | | 1.5(15.30)이상 | 2.0(20.39)이상 | 0.190 (0.163) 이하 | 0.3 이하 |

- 3) 재료의 가격 경쟁력과 재활용 육성정책에 부합되는 원재료 생산원가를 절감시키기 위해서는 버려지는 소재를 활용하여, 서민 주거부터 활용이 가능토록 하는 고품질 저원가 기준을 준수하는 것이 바람직하다.

이상의 규준에 준하는 배합소재를 최종 정리하면, 1차 코팅재료와 2차 재료를 구분하여 단계별로 피복하여야 하는데 최종 개발될 표면 코팅재료의 적층구조는 다음 그림과 같이 요약될 수 있다.



[그림 24] 숯 표면재료의 적층별 구조도

5. 참고문헌

- 1) 리신호, 오무영, 1995, 흙집의 온습도 변화가 주거환경에 미치는 영향 연구, 충북대학교 지역개발연구, 제 6집, pp173-189
- 2) 박기창, 1992, 농촌주택과 에너지 절약, 농촌주택과 농촌마을계획건설에 관한 세미나, 대한건축학회, pp70-81.
- 3) 산림청, 1996, 목재가 인체 및 주거생활에 미치는 영향
- 4) 이석화, 1995, 건축법규해설, 청운문화사
- 5) 이재우, 1986, 農家住宅, 건우사.
- 6) 이희만, 최예환, 1974, 농촌주택 개량을 위한 난방효율시험, 한국농공학회지, 16(2) : 35-49.
- 7) 일본전열협회 원적외선위원회, 1995, 원적외선가열의 이론과 실제, 한충수, 박완서역, 한국원적외선 응용연구소
- 8) 飯塚五郎藏, 1992, 건축물의 외벽연구, 김태우 역, 도서출판국제
- 9) 日本建築學會, 高爐 슬라브微粉末用いたコンクリトの技術の現象, 1992, 6.
- 10) 野澤美樹, 浮選による石炭灰からの未燃炭素粉の除去に関する基礎的研究, 資源と素材, Vol. 112, pp. 9-105, 1996.
- 11) A.Bilodeau, V.M.Malhotra : Properties of High-Volume Fly Ash Concrete Made with High-Early Strength ASTM Type III Cement, Canada Centre for Energy Technology, November, 1994.
- 12) A. Bilodeau, V. Sivasundaram, K. E. Painter, V. M. Malhotra : Durability of Concrete Incorporating High Volume of Fly Ash from Sources in the U.S., ACI Materials Journal, January-February, 1994.

제 3절 3년차 연구수행 결과

1. 서 론

최근 친환경 건축물에 대한 재료, 시스템, 공법 등의 연구가 활발히 이루어지고 있으며, 실내공기 오염 저감을 위한 법안제정이 정부 및 민간차원에서 추진되고 있는 실정이다.

보통 새 아파트에 입주하면 공기 중에 수백가지의 유해물질이 떠다녀 건강을 해친다고 한다. 바닥의 경우 강화마루와 원목을 붙일 때 쓰는 접착제에서 유기화합물이 나오고 벽지와 콘크리트에서도 유해물질이 많이 배출된다. 특히, 환경부의 조사에 의하면, 지은 지 1년이 안 된 아파트의 절반 가까이에서 ‘새집 증후군’의 주된 원인인 포름알데히드가 기준치를 넘긴 것으로 밝혀졌다. 포름알데히드는 실내 거주자에게 눈과 코의 자극과 아토피성 피부염, 천식 등 질환을 일으키는 새집증후군의 주요 유발물질로 알려져 있으며, 단열재나 합판, 섬유, 가구 등의 접착제로 건축자재에 널리 쓰이고 있다. 현재 지하상가, 보육시설, 의료기관 등 다중이용시설의 유지기준 ($120\mu\text{g}/\text{m}^3$)은 있으나 아파트는 설정돼 있지 않는 실정이다.

한편, 폐기물인 Bottom ash는 입형이 불규칙하고, 다공성을 지니고 있으며, 입자의 크기도 다양하여 골재용으로 사용하기에 다소 부적합한 측면이 있지만, 발생량이 방대하며, 사용활용도 측면에서 경량성 및 흡습율 등의 기본성능이 만족되어 다양한 접근을 통한 활용도 증진방안을 연구하여야 할 것이다.

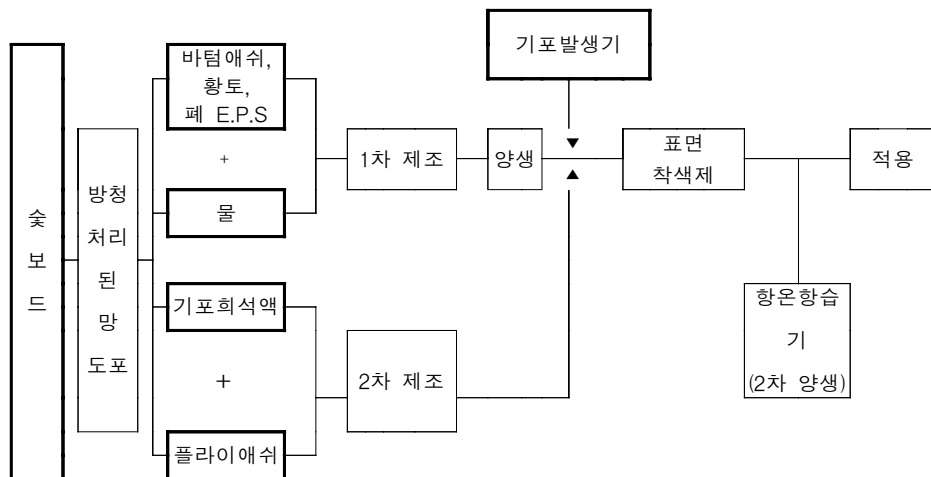
| | | |
|---|---|--|
|  |  |  |
| 표면재의 접착성 증대(망처리) | 바텀애쉬와 결합물 | 페스티로폼 혼입한 상태 |

[그림 25] 연구과정에서 적용된 단계별 표면피복재의 유형

따라서, 본 연구는 현재 실내 건축벽면에 적용하고 있는 석고보드를 대체할 수 있는 황토 및 숯보드의 효능(① 음이온의 효과 ② 원적외선 방사 효과 ③ 전자파 차단 및 공기정화 효과 ④ 정수·정화 탈취 작용 ⑤ 항균 및 해독효과 ⑥ 조습 효과 ⑦ 집먼지, 진드기 제거효과 ⑧ 피부병 치료 효과 등)을 최대한 발현하도록 숯의 기능을 살려 건축물의 내부에 적용하기 위해, 화재로부터의 안전을 기할 수 있는 불연재료이면서, 견고하고 가벼운 성능을 만족시키고, 건강한 실내환경을 유지할 수 있을 뿐만 아니라 다기능의 황토 및 숯보드의 표면처리를 위해 재활용소재를 이용한 피복재료의 개발하기 위한 것이다.

이러한 소재의 검토는 생태계의 항상성을 기반으로 재료의 재활용성, 즉 지속가능성이 보장됨으로서, 개발시 비용절감 뿐만 아니라 제품의 수명이 다했을 경우 재사용이 가능하다는 것을 의미한다.

이러한 효능을 만족시키기 위해 피복재료를 재활용소재인 바텀애쉬, 플라이애쉬(분말도 4,000g/cm² 이상)와 기포제(미세 불연속 기포 형성 0.1mm 이하) 및 착색제를 첨가하여 가스나 공기에 의해 표층이 형성되는 다공성의 피복재료를 도포하여 완성할 수 있었다..



[그림 26] 피복재료 제조를 위한 도식화

가. 1단계 제조과정

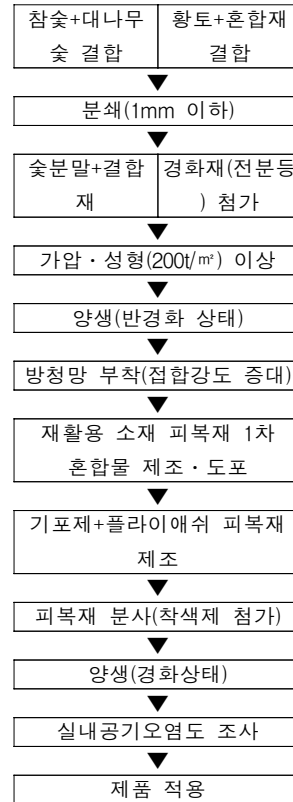
: 바텀애쉬, 황토, 페스티로폼(EPS)를 적절한 유동성을 갖게 하여 제조기에 주입하고 내부에 일정한 기포를 발생하기 위해 믹서기에서 5분 이상 회전하여 혼합물을 생성시켜 항온항습기에 12시간 반건조상태로 양생하는데, 이때 표면재의 접착성을 높이기 위해 방청처리된 망(1~2mm)를 사전에 부착하여 피복재료의 강도증진에 도움을 주며, 반건조 상태로 제조되어야 다음단계 기포형성 물과 접착성이 좋아진다.

나. 2단계 제조과정

: 이렇게 액상상태로 제조된 혼합물을 동물성 기포제(기포제와 물의 희석비 2.5~3%내외)와 플라이애쉬를 적절한 비율(투입율 0, 20, 40, 60%)로 섞고 여기에 기포 희석액을 압축공기를 통해 기포기로 통과시켜 생성된 기포를 분사하여 도포한다.

다. 양생과정

: 이미 만들어진 황토보드나 숯보드 표면위에 1, 2단계에서 제조한 피복재료를 입혀 항온항습기 (80±10℃, 절대습도 50%±5)에 28일 동안 양생시키는 과정을 통하여 경화시킨다.



[그림 27] 피복재료 제조과정

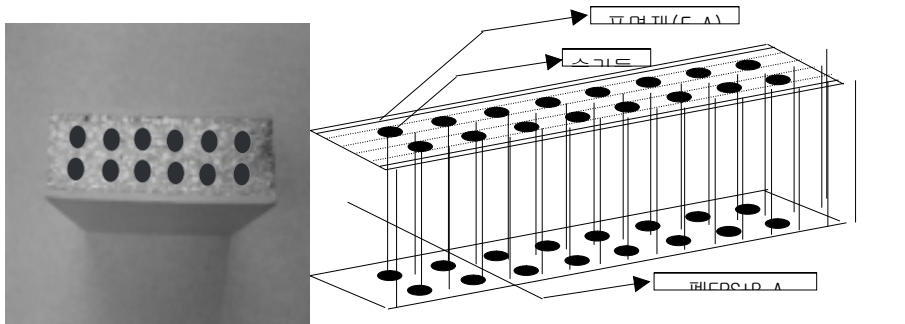
라. 제품 평가 과정

: 재령 28일이 경과된 보드를 피복전 제품과 비교분석하고 최종 성능을 평가하여 개발한 제품의 사용설명서를 작성한다.

마. 제품의 사용설명서

- 1) 기포의 양이 많을수록 감소하는 경향이 있고, 기포율이 높으면 플로우값은 낮아지므로 제조자의 철저한 관리가 요구된다.

- 2) 내부에 함유된 기포는 시간의 경과에 따라 기포율이 높아지는 결과를 초래하므로 분사전에 플로우 값을 확인하여 보는 것이 필요하며, 제작된 기포 혼합재는 되도록 빠른 시간내에 타설하는 것이 매우 중요하다.
- 3) 표층으로 사용되는 기포발생용 피복재료 자체의 높은 독립기공으로 이질 재료 부착시 균열현상의 한 원인이 될 수 있으므로 제품 표면에 다른 재료를 부착하지 말아야 한다.
- 4) 피복재의 강도는 공극(공기에 의한 공극+잉여수의 증발로 인하여 생길 수 있는 공극)의 함수로 나타낼 수 있으므로 기포활성시 공극에 대한 규정사항을 준수하여 품질관리에 유의하여야 한다.
- 5) 기포의 소포로 인해 체적감소의 주 원인이 되므로 경화시에 기포자체의 포막이 불안정하거나 시공시 재료의 불균일한 투입과 과도한 물결함재비 등의 세부 규정에 반드시 준수해야 한다.
- 6) 따라서 시공 품질에 대한 신뢰감을 증대시킬 수 있도록 현장 시공시 정밀한 시험배합을 거쳐 확인 후 시공하여야 한다.



[그림 28] 표면피복재의 제작모습

2. 재료 및 방법

가. 바텀애쉬의 표면재료 사용가능성에 관한 평가

1) 사용 재료

가) Bottom Ash

잔골재 대신 실험에 사용된 폐기물인 Bottom ash(BA)는 사천시 화력발전소에서 배출되는 소각재로, 2.00mm, 2.36mm, 4.75mm의 체로 체가름하여 포함된 이물질질을 제거한 후 표건관리하여 사용하였다. Bottom Ash의 물리적 성질은 표와 같고, 화학적 조성성분은 SiO₂, CaO가 주성분을 차지하며 대부분 산화물의 형태로 존재하고 있다.

[표13] Bottom Ash의 물리적 성질

| 종 류 | 비 중 | 흡수율 (%) | 최대치수 (mm) |
|-----|------|---------|-----------|
| BA | 1.51 | 20.19 | 2.00 |
| BA | 1.48 | 24.07 | 2.36 |
| BA | 1.41 | 24.70 | 4.75 |

[표 14] Bottom Ash의 화학적 조성성분

| 성분 | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | SO ₃ | Na ₂ O | K ₂ O | 기 타 |
|--------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|-----------------|-------------------|------------------|-------|
| 합량 (%) | 22.09 | 7.02 | 5.19 | 43.70 | 1.51 | 4.87 | 2.97 | 1.88 | 10.77 |

| | |
|---|--|
|  |  |
| [그림 29] 원산지에서 채취한 bottom ash | [그림 30] 체가름한 3종류의 Bottom ash |

나) 강모래

잔골재는 경남 하동 낙동강에서 채취한 강모래를 사용하였고, 이들 골재의 물리적 성질은 표와 같다.

[표 15] 골재의 물리적 성질

| 종 류 | 비 중 | 조립률 | 흡수율(%) | 최대치수(mm) |
|-------|------|------|--------|----------|
| 잔 골 재 | 2.59 | 2.42 | 1.61 | 5 |

2) 실험방법

가) 모르터 제조 및 플로우 실험

모르터의 제조는 KS L 5109의 수경성 시멘트 반죽 및 모르터의 기계적 혼합방법에 따라 실시하였으며, 모르터의 반죽질기는 KS L 5111에 준해 플로우값을 측정하였다.

나) 공시체 제조

배합된 모르터의 압축강도용 공시체 제조는 KS L 5105(시멘트 모르터의 압축강도 시험방법)에 의해 50.8×50.8×50.8mm의 입방체 몰드를 사용하였으며, 제작된 모르터 공시체는 양생실에서 24시간 양생한 후 탈형과 동시에 항온수조에서 23±2℃로 재령 7일, 28일까지 양생하였다.

다) 재료 실험

소요재령까지 양생된 모르터 공시체의 압축강도 시험은 각 배합별로 3개씩 제작하여 만능재료시험기(U.T.M)를 사용하여 실험하였으며, SEM을 활용하여 Bottom ash의 내부공극 상태를 확인하였다.

라) 중금속 용출실험

중금속의 분포를 알아보기 위해 6가지 중금속 이온(Pb, Cu, As, Hg, Cd, Cr6+)을 대상으로 폐기물 공정시험법의 규정에 의해 용출시험을 실시하였다. 폐기물인 Bottom ash 자체와 그것을 치환한 모르터를 대상으로 시험을 실시하였으며, 중금속 이온의 농도측정은 원자흡광분광광도계 및 ICP를 사용하여 측정하였다.

3) 배합설계

배합비 1:1을 기준으로 1:6, 1:8, 1:10까지 관찰하여 유동성(작업성) 관찰을 하였으며, 특히, 골재의 수분함량에 따른 평가 및 경량성을 평가하기 위해, 특정 비교실험 보다는 각 배합별 특성을 살펴보았다

[표 16] 배합계획표

| 배합비 | W/A+F | B·A 치환율 (%) | 용적배합(l/m ³) | | | | 중량배합(kg/m ³) | | | |
|------|-------|-------------|-------------------------|--------|--------|--------|--------------------------|---------|---------|--------|
| | | | 결합재 | B·A | 모래 | 물 | 결합재 | B·A | 모래 | 물 |
| 1:1 | 30 | 0 | 326 | 0 | 326 | 308 | 1026.9 | 0 | 798.7 | 308 |
| | | 20 | 326 | 65.2 | 260.8 | 308 | 1026.9 | 98.45 | 638.96 | 308 |
| | | 50 | 326 | 163 | 163 | 308 | 1026.9 | 246.13 | 399.35 | 308 |
| | | 100 | 326 | 326 | 0 | 308 | 1026.9 | 492.26 | 0 | 308 |
| | 35 | 0 | 310 | 0 | 310 | 341.8 | 976.5 | 0 | 759.5 | 341.8 |
| | | 20 | 310 | 62 | 248 | 341.8 | 976.5 | 93.62 | 607.6 | 341.8 |
| | | 50 | 310 | 155 | 155 | 341.8 | 976.5 | 234.05 | 379.75 | 341.8 |
| | | 100 | 310 | 310 | 0 | 341.8 | 976.5 | 468.10 | 0 | 341.8 |
| 1:8 | 50 | 0 | 90.8 | 0 | 725.6 | 143 | 286.02 | 0 | 1777.72 | 143 |
| | | 20 | 90.8 | 145.12 | 580.48 | 143 | 286.02 | 219.13 | 1422.17 | 143 |
| | | 50 | 90.8 | 362.8 | 362.8 | 143 | 286.02 | 547.83 | 888.86 | 143 |
| | | 100 | 90.8 | 725.6 | 0 | 143 | 286.02 | 1095.66 | 0 | 143 |
| | 60 | 0 | 88.2 | 0 | 705.6 | 166.70 | 277.83 | 0 | 1728.72 | 166.70 |
| | | 20 | 88.2 | 141.12 | 564.48 | 166.70 | 277.83 | 213.09 | 1382.97 | 166.70 |
| | | 50 | 88.2 | 352.8 | 352.8 | 166.70 | 277.83 | 532.73 | 864.36 | 166.70 |
| | | 100 | 88.2 | 705.6 | 0 | 166.70 | 277.83 | 1065.46 | 0 | 166.70 |
| 1:10 | 50 | 0 | 76.4 | 0 | 764 | 120.33 | 240.66 | 0 | 1871.8 | 120.33 |
| | | 20 | 76.4 | 152.8 | 611.2 | 120.33 | 240.66 | 230.73 | 1497.44 | 120.33 |
| | | 50 | 76.4 | 382 | 382 | 120.33 | 240.66 | 576.82 | 935.9 | 120.33 |
| | | 100 | 76.4 | 764 | 0 | 120.33 | 240.66 | 1153.64 | 0 | 120.33 |
| | 60 | 0 | 74.5 | 0 | 745 | 140.81 | 234.68 | 0 | 1825.25 | 140.81 |
| | | 20 | 74.5 | 149 | 596 | 140.81 | 234.68 | 224.99 | 1460.2 | 140.81 |
| | | 50 | 74.5 | 372.5 | 372.5 | 140.81 | 234.68 | 562.48 | 912.625 | 140.81 |
| | | 100 | 74.5 | 745 | 0 | 140.81 | 234.68 | 1124.95 | 0 | 140.81 |

또한, 물-결합재비는 작업성이 확보할 수 있는 범위까지 예비실험을 통해 설정하였으며, 골재의 치환율은 0%, 20%, 50%, 100%까지 치환하여 부분대체 방법으로 첨가하였다. 일반적으로 경량골재의 경우 입도조정을 한 후 24시간 프리웨팅(Pre-wetting)을 실시하여 사용하였지만, 본 배합에서는 동일한 시험조건으로 실시하였다.

3. 폐 스티로폼(E.P.S)의 표면재료 사용가능성에 관한 평가

가. 사용 재료

1) 바텀애쉬

잔골재 대신 실험에 사용된 폐기물인 Bottom ash(BA)는 사천시 화력발전소에서 배출되는 소각재로, 2.00mm, 2.36mm, 4.75mm의 체로 체가름하여 포함된 이물질을 제거한 후 표건관리하여 사용하였다.

2) 물

제품용 배합수로 사용되는 물은 음료에 적합한 정도로 깨끗한 것이면 충분하다. 본 실험에서 사용한 물은 KASS 05010.2.1.3의 규정에 따라 상수도수를 사용하였다.

3) 기포제

동물성 기포제는 KS F 4039에 적합한 국내 S사의 동물성 기포제를 사용하였다. 기포제의 화학적 성분과 물리적 성분은 표와 같다.

[표 17] 동물성기포제의 화학적 성분

| 성분 | H ₂ O | Protein | NaCl | NH ₄ Cl | CaCl | MgCl | FeSO ₄ |
|-------|------------------|---------|------|--------------------|------|------|-------------------|
| 함량(%) | 36 | 32 | 10 | 1 | 6 | 5 | 10 |

[표 18] 동물성기포제의 물리적 성질

| 비중 | PH | 색상 | 황산염(%) | 점도(CPS) |
|------|----|-----|---------|---------|
| 1.12 | 7 | 암갈색 | 0.010.1 | 2050 |

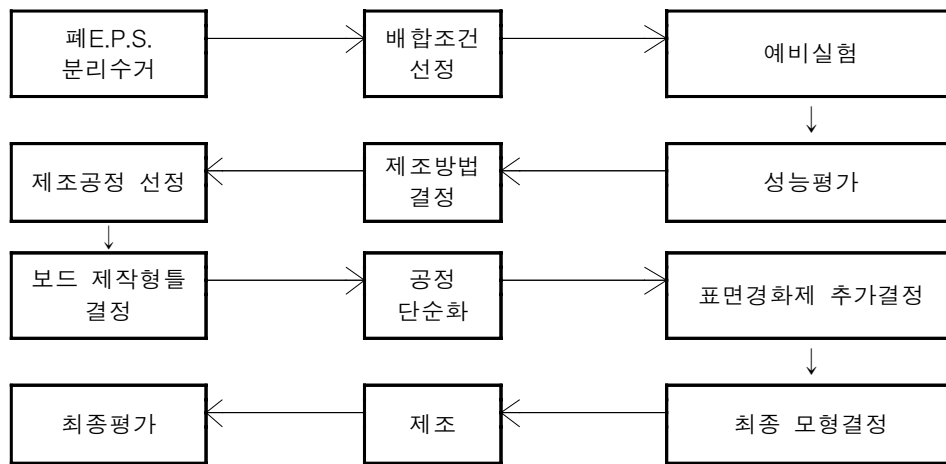
4) 폐E.P.S.

폐E.P.S.는 국내 E사에서 생산되는 코팅된 폐E.P.S.를 사용한다. 제조과정 및 모양은 다음과 같다.

[표 19] 폐E.P.S.의 물리적 성질

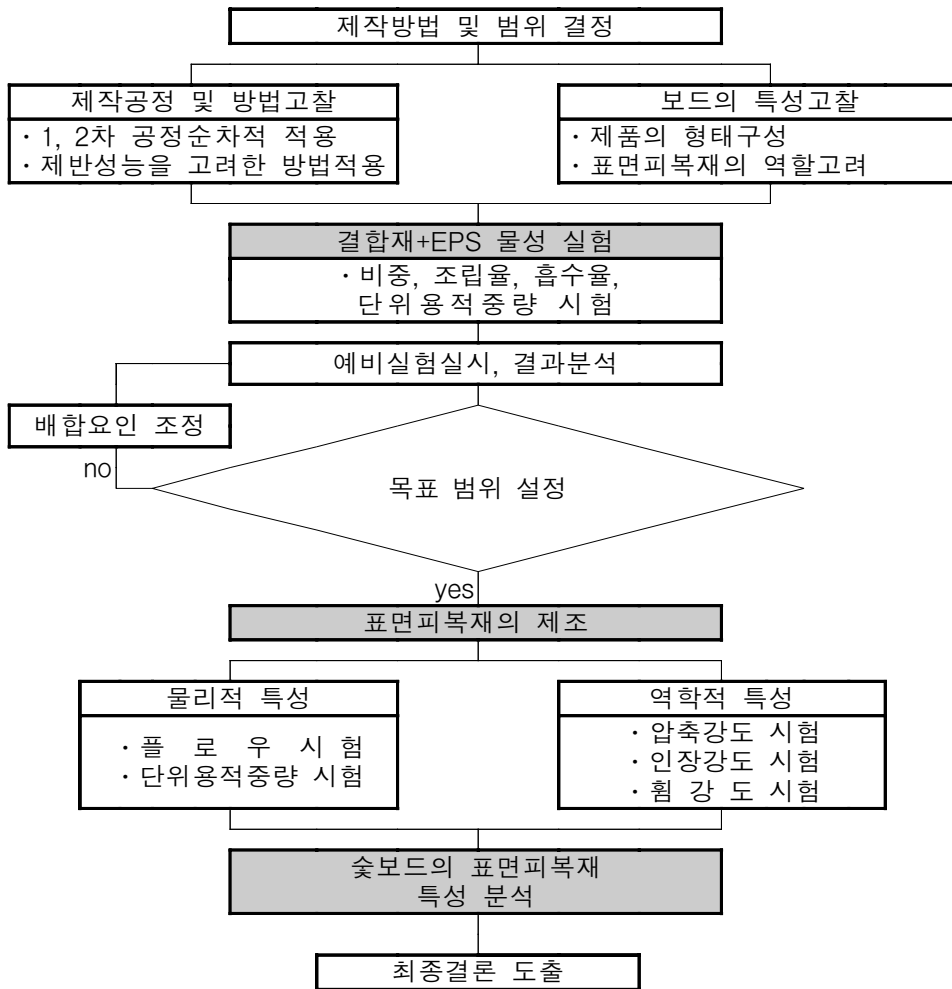
| 명 칭 | 최대입경 (mm) | 최소입경 (mm) | 밀도 (g/cm ³) | 단위용적중량 (kg/l) | 열전도율 (kcal/mh℃) | 흡수율(%) |
|--------|--------------|--------------|----------------------------|------------------|--------------------|--------|
| E.P.S. | 3 | 2 | 0.033 | 0.026 | 0.03 | 0.3 |

나. 실험방법



[그림 31] 표면피복재료의 제조과정

본 실험은 폐E.P.S.를 혼입한 제품의 역학적 특성을 규명하고 더 나아가 제품의 성능을 개선하기 위한 기초적인 실험으로서 현재 현장에서 제시되고 있는 배합을 기준으로 폐E.P.S. 혼입율을 조절하여 배합을 결정하였다. 배합은 현장에서 제시된 폐E.P.S.를 혼입한 제품의 배합표이나 실제 현장에서 조사해본 결과 현장상황에 맞추어 결합재량, 폐E.P.S.의 양 등을 조절하여 사용하고 있었다.



[그림 32] 보드위 표면피복재의 제조공정

이에 따라 본 연구에서 사용된 배합은 이러한 현장배합을 기초로 하여 정량적인 계량과정에 의해 실험이 가능하도록 배합을 설정하였다.

[표 20] 페E.P.S.를 혼입한 제품의 현장 배합

| 결합재량 (kg/m ³) | 단위수량 (l/m ³) | 기포제 (l/m ³) | 페E.P.S. (l/m ³) |
|------------------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| 280320 | 180200 | 0.91.2 | 400 |

1) 단위 결합재의 결정

단위 결합재량은 개발제품의 물리적 성질을 결정하는 매우 중요한 인자이며 일반적으로 단위결합재량이 많이 들어갈수록 압축강도, 흡수율 등이 좋아진다. 그러나 경제적인 측면을 고려하면 적정 단위결합재량을 결정하는 것은 매우 중요하다.

단위 결합재는 황토, 슬러지, 여물, 산화철 등을 투입하여 결정하였으며, 접착제로 사용되는 여물의 경우, 적정 항온항습기능을 가하여 포졸란 반응을 통한 경화체로 유도한다.

페E.P.S.를 혼입하지 않은 결합재의 경우 소포율, 압축강도 등을 고려하여 350400kg/m³정도의 단위결합재량을 쓰고 있으며, 페E.P.S.를 혼입할 경우 위에 제시된 280300kg/m³보다 더 적은 양의 결합재를 사용하기도 한다. 따라서 본 실험에서는 280, 320kg/m³의 두 수준으로 단위결합재량을 결정하였다.

[표 21] 페E.P.S.의 발생현황(99년)

[단위 : ton]

| 페E.P.S. 발생원 | 가정/일반업소 | 농수산 시장 | 백화점/유통 | 가전 대리점 | 전기/전자업체 | 일반기업 | 기타 | 계 |
|-------------|---------|--------|--------|--------|---------|-------|-------|--------|
| 발생량(ton) | 6,298 | 13,603 | 8,549 | 6,536 | 4,801 | 6,269 | 3,840 | 49,896 |
| 재활용량(ton) | 3,524 | 5,865 | 4,186 | 4,273 | 3,132 | 2,612 | 779 | 24,371 |
| 미재활용량(ton) | 2,774 | 7,738 | 4,363 | 2,263 | 1,669 | 3,657 | 3,061 | 25,525 |
| 재활용률(%) | 55.9 | 43.1 | 48.9 | 65.4 | 65.2 | 41.7 | 20.3 | 48.8 |

1) 발생량(49,896)=포장재 사용량(69,923)-가전수출(26,497)+가전수입(3,975)-부자
[2,756('96년)-3,710('99년)]+수입품(3,449)

2) 재활용량은 재생업체를 통하여 취합 정리한 것임

2) 페E.P.S. 혼입율의 결정

현장에서 사용되고 있는 페E.P.S.의 혼입량은 400 l/m³로서 이는 공극을 포함한 페E.P.S.의 용적으로서 페E.P.S.의 겉보기 비중을 측정하여 계산하여 본 결과, 실제로 페E.P.S.이 제품에서 차지하는 용적은 약 200 l/m³이었다. 따라서 본 실험에서는 페E.P.S.를 사용한 제품의 특성을 알아보고 그 사용량을 늘리고자 현장 배합의 중심으로 하여 단위용적에 대하여 0%, 10%, 20%, 30%, 40%의 5수준으로 결정하였다.

3) 물결합재비의 결정

현장 배합표를 참고하여 물결합재비를 계산하면 단위결합재량 280kg/m³일 경우 64%71%, 320kg/m³인 경우 56%62%를 나타내었다. 또한 현장조사 결과 요구되는 플로우 값이 나오지 않을 경우 단위수량을 증가시키기 때문에 본 실험에서는 물결합재비를 60%, 65%, 70%의 세 가지 수준으로 결정하여 실험을 실시하였다.

다. 배합설계

위와 같은 사항으로 결정한 실험 인자 및 수준을 나타내었으며 배합계획은 다음과 같다.

[표 22] 실험 인자 및 수준

| 항목 | 단위결합재량 (kg/m ³) | 페E.P.S. 혼입율 (%) | 물결합재비 (%) |
|----|--------------------------------|--------------------|--------------|
| 인자 | 280, 320 | 0, 20, 30, 40, 50 | 60, 65, 70 |
| 수준 | 2 | 5 | 3 |
| 기호 | A, B | 1, 2, 3, 4, 5 | a, b, c |

* KS F 2459(기포콘크리트의 겉보기 비중, 함수율, 흡수율 및 압축강도 시험방법)

라. 공시체의 제작 및 양생

1) 공시체의 제작

기포와 결합재 슬러리를 섞는 믹서기의 경우 둥그런 통에 가느다란 믹서 날이 수평으로 거품기모양으로 붙어있는 것으로 믹서와 기포를 충분히 섞을 수 있어야 한다. 압축강도용 공시체를 제작하는데 있어서는 다음과 같은 사항에 유의하여야 한다.

① 압축강도를 측정할 공시체는 타설시 경화후 몰드 높이보다 약간 높게 되도록 타설하며, 이때 내부에는 큰 공극이 남거나 분리가 일어나지 않도록 하여야 한다.

② 타설 후 24시간 이내의 적당한 시간에 침하가 일어나는 상면을 평평하게 한다.

③ 몰드는 제품을 떼어내는데 지장이 없을 정도로 경화된 후, 될 수 있는 한 빠른 시간 내에 떼어내며 몰드를 떼어내는 시기는 타설 후, 여름철에는 48시간 내외, 겨울철에는 72시간 내외가 좋다.

④ 기포를 몰드에 친 후 직사광선을 피하고, 수분의 증발을 막아 실제 시공에 가까운 상태로 양생하며 압축강도 시험용의 공시체에 캐핑하는 경우, 탈형 전 또는 강도 시험의 약 3시간 전에 적당량의 결합재에 소석고를 넣어 캐핑한다.

2) 양 생

KS F 2405에 의하면 제품 공시체의 양생은 재하시험용과 재하시험용이 아닌 공시체의 양생방법을 서로 다르게 규정하고 있다. 즉, 압축강도를 시험하기 위한 공시체는 몰드를 떼어내고 시험직전까지 포화습기중 또는 용적이 공시체 체적의 약 2배인 비닐주머니, 폴리에틸렌주머니 등의 밀폐된 주머니에서 양생시키고, 겉보기 비중 및 흡수율 등을 위한 비재하시험용 공시체는 몰드를 떼어낸 후 수중에서 양생한다. 이 경우 공시체의 전체면이 수중에 잠기도록 한다. 다만 시험 직전에 캐핑하는 경우의 양생은 시험 전 약 3시간까지로 한다. 양생시의 온도는 원칙적으로 18 \pm 2 $^{\circ}$ C로 한다.

[표 23] 배합계획표

| 시험체 번호 | 단위결 합재량 (kg/m ³) | W/A (%) | 페E.P.S. 혼입율 (%) | 용적 배합(ℓ/m ³) | | | | 중량배합(kg/m ³) | | |
|-----------|------------------------------------|------------|-----------------------|--------------------------|-----|-------|--------|--------------------------|-----|--------|
| | | | | 결합재 | 물 | 기포량 | 페E.P.S | 결합재 | 물 | 페E.P.S |
| A-a-1 | 280 | 60 | 0 | 88.9 | 168 | 743.1 | 0 | 280 | 168 | 0.0 |
| A-a-2 | | | 10 | 88.9 | 168 | 643.1 | 100 | 280 | 168 | 2.8 |
| A-a-3 | | | 20 | 88.9 | 168 | 543.1 | 200 | 280 | 168 | 5.6 |
| A-a-4 | | | 30 | 88.9 | 168 | 443.1 | 300 | 280 | 168 | 8.4 |
| A-a-5 | | | 40 | 88.9 | 168 | 343.1 | 400 | 280 | 168 | 11.2 |
| A-b-1 | | 65 | 0 | 88.9 | 182 | 729.1 | 0 | 280 | 182 | 0.0 |
| A-b-2 | | | 10 | 88.9 | 182 | 629.1 | 100 | 280 | 182 | 2.8 |
| A-b-3 | | | 20 | 88.9 | 182 | 529.1 | 200 | 280 | 182 | 5.6 |
| A-b-4 | | | 30 | 88.9 | 182 | 429.1 | 300 | 280 | 182 | 8.4 |
| A-b-5 | | | 40 | 88.9 | 182 | 329.1 | 400 | 280 | 182 | 11.2 |
| A-c-1 | | 70 | 0 | 88.9 | 196 | 715.1 | 0 | 280 | 196 | 0.0 |
| A-c-2 | | | 10 | 88.9 | 196 | 615.1 | 100 | 280 | 196 | 2.8 |
| A-c-3 | | | 20 | 88.9 | 196 | 515.1 | 200 | 280 | 196 | 5.6 |
| A-c-4 | | | 30 | 88.9 | 196 | 415.1 | 300 | 280 | 196 | 8.4 |
| A-c-5 | | | 40 | 88.9 | 196 | 315.1 | 400 | 280 | 196 | 11.2 |
| B-a-1 | 320 | 60 | 0 | 101.6 | 192 | 706.4 | 0 | 320 | 192 | 0.0 |
| B-a-2 | | | 10 | 101.6 | 192 | 606.4 | 100 | 320 | 192 | 2.8 |
| B-a-3 | | | 20 | 101.6 | 192 | 506.4 | 200 | 320 | 192 | 5.6 |
| B-a-4 | | | 30 | 101.6 | 192 | 406.4 | 300 | 320 | 192 | 8.4 |
| B-a-5 | | | 40 | 101.6 | 192 | 306.4 | 400 | 320 | 192 | 11.2 |
| B-b-1 | | 65 | 0 | 101.6 | 208 | 690.4 | 0 | 320 | 208 | 0.0 |
| B-b-2 | | | 10 | 101.6 | 208 | 590.4 | 100 | 320 | 208 | 2.8 |
| B-b-3 | | | 20 | 101.6 | 208 | 490.4 | 200 | 320 | 208 | 5.6 |
| B-b-4 | | | 30 | 101.6 | 208 | 390.4 | 300 | 320 | 208 | 8.4 |
| B-b-5 | | | 40 | 101.6 | 208 | 290.4 | 400 | 320 | 208 | 11.2 |
| B-c-1 | | 70 | 0 | 101.6 | 224 | 674.4 | 0 | 320 | 224 | 0.0 |
| B-c-2 | | | 10 | 101.6 | 224 | 574.4 | 100 | 320 | 224 | 2.8 |
| B-c-3 | | | 20 | 101.6 | 224 | 474.4 | 200 | 320 | 224 | 5.6 |
| B-c-4 | | | 30 | 101.6 | 224 | 374.4 | 300 | 320 | 224 | 8.4 |
| B-c-5 | | | 40 | 101.6 | 224 | 274.4 | 400 | 320 | 224 | 11.2 |

※ A, B는 각각 단위결합재량 280, 320kg/m³을,

a, b, c는 물결합제비 60, 65, 70%를,

1, 2, 3, 4, 5는 페E.P.S. 혼입율 0, 10, 20, 30, 40%를 나타낸다.

3. 결과 및 고찰

가. 바텀애쉬의 표면재료 사용가능성에 관한 평가 결과

본 실험에서는 최종 피복재료 선정을 위해 기존에 사용해온 바텀애쉬의 검증을 1차적으로 한후, 페스티로폼을 혼합하여 새로운 표면코팅재의 선정을 결정하였다.

1) SEM 분석

바텀애쉬의 입형은 불규칙하며, 입자의 크기는 24mm의 다양한 입자로 구성되어 있으며, 원산지에서 입자별 분리 매립을 실시하지 않아, 사용시 적절한 입자분급을 선정하여 용도별로 사용하여야 한다. 또한, 표면이 미연탄소분이 일부 포함되어 있어, 원재를 사용하기보다는 가공처리하는 것이 용도별 적용범위가 넓을 것으로 판단된다.



[그림 33] 바텀애쉬의 다양한 입자 및 SEM 촬영 모습

SEM 촬영결과, 불규칙한 다공성을 지닌 미세한 기공이 어우러져 있으며, 기공을 포함한 주변 표피는 타원형으로 분포되어 있었다.

모든 입자가 기공을 띄는 것이 아니어서 입자별 단위용적중량 및 흡수율의 차이는 조금씩 차이가 있을 것으로 판단되며, 이는 화력발전소의 보일러 내부 온도차이에서

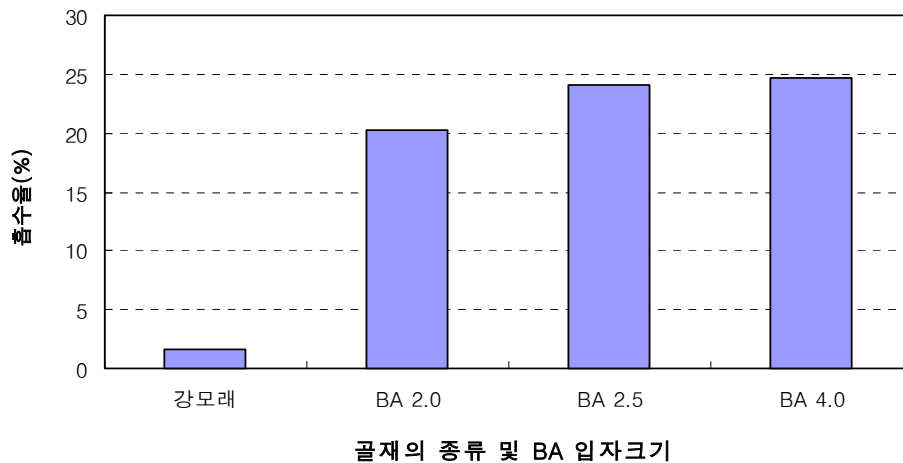
그 발생원인 찾을 수 있어 인위적인 조절이 현 상태에서는 불가능한 것으로 나타났다.

2) 바텀애쉬의 물성비교 분석

본 실험은 다양한 입자를 지니고 있는 원산지 Bottom ash를 3가지 입자타입으로 분류하여 각각의 물성을 측정하였으며, 이는 입자별 기공 및 입형, 조립율의 차이에서 발생하는 특성으로 표와 같이 나타났다.

[표 24] 입자별 바텀애쉬의 물성

| 입자크기(mm) | 비중 | 흡수율(%) |
|----------|------|--------|
| 0.52.00 | 1.51 | 20.19 |
| 2.02.50 | 1.45 | 24.07 |
| 2.64.00 | 1.41 | 24.70 |
| 강모래 | 2.59 | 1.61 |



[그림 34] 강모래와 BA의 흡수율 비교

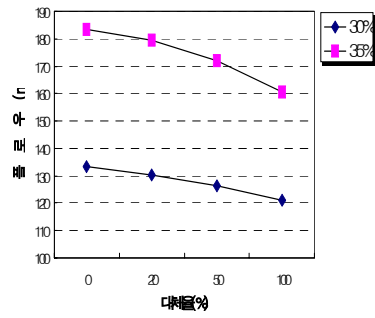
바텀애쉬의 입자크기가 클수록 흡수율이 높게 나타난 것을 기공의 크기가 좀 더 크며, 특히 독립기공과 여기에 포함된 미연탄소분의 함량이 상대적으로 증가하여 나타난 현상으로 판단된다. 그러나 비슷한 수준의 조립율을 고려해 볼 때, 콘크리트 및 모르타용으로 사용할 경우 Pre-wetting 처리가 불가피할 것으로 판단된다.

3) 작업성

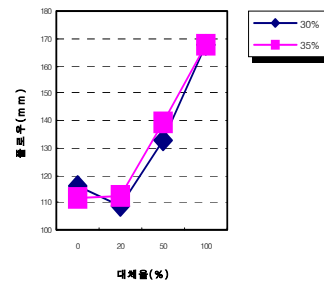
폐기물인 Bottom ash의 치환율에 따른 플로우 측정결과는 그림과 같다.

| 공시체 번호 | | 배합비 | 1 | 2 | 3 | 4 | 평균 |
|-----------|-----|------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 평균 |
| 1:1 | 30% | 0 | 133.1 | 134.4 | 131.4 | 134.4 | 133.33 |
| | | 20% | 131.7 | 130 | 129.3 | 131 | 130.50 |
| | | 50% | 125.3 | 125.7 | 126 | 127.9 | 126.23 |
| | | 100% | 123.5 | 121.5 | 119 | 120 | 121.00 |
| | 35% | 0 | 185.2 | 185.7 | 182 | 180.5 | 183.35 |
| | | 20% | 185 | 191.5 | 193 | 188.5 | 179.50 |
| | | 50% | 172 | 172.2 | 169.5 | 173.7 | 171.85 |
| | | 100% | 162.5 | 158.8 | 160.8 | 159.4 | 160.38 |
| 1:6 | 50% | 0 | 121.7 | 111.9 | 119.9 | 115.2 | 117.18 |
| | | 20% | 107.6 | 107.9 | 107 | 109 | 107.88 |
| | | 50% | 107.9 | 114.1 | 111.5 | 111.6 | 111.28 |
| | | 100% | 173.8 | 173.8 | 179.9 | 181.1 | 177.15 |
| | 60% | 0 | 116.5 | 120.6 | 117.5 | 118 | 118.15 |
| | | 20% | 108.3 | 110 | 111.5 | 107.6 | 109.35 |
| | | 50% | 122 | 122.5 | 119.3 | 122.9 | 121.68 |
| | | 100% | 179.6 | 178.8 | 177.5 | 170.9 | 176.70 |
| 1:8 | 50% | 0 | 114.0 | 118.3 | 119.1 | 115 | 116.60 |
| | | 20% | 110 | 110 | 106.8 | 109.2 | 109.00 |
| | | 50% | 137.1 | 128.1 | 132.8 | 133.7 | 132.93 |
| | | 100% | 161.6 | 167.7 | 171.5 | 170 | 167.70 |
| | 60% | 0 | 110.5 | 110.7 | 115 | 111.5 | 111.93 |
| | | 20% | 114.4 | 111.6 | 111 | 113.6 | 112.65 |
| | | 50% | 140.5 | 139.7 | 135.5 | 141 | 139.18 |
| | | 100% | 168.5 | 179.9 | 162 | 161.1 | 167.88 |

[표 25] 플로우 실험결과치



[그림 35] 배합비 1:1일때 플로우 변화



[그림 36] 배합비 1:8일때 플로우 변화

1:1 배합의 경우 W/C가 30%, 35% 모두 Bottom Ash의 치환율이 증가할수록 플로우 값은 감소하는 경향을 보였으며, 일반 잔골재만을 사용한 모르터에 비해 소각재의 치환율이 100%인 경우는 약 10%정도 플로우 값의 감소를 나타내었다. 이러한 경향은 Bottom Ash의 높은 흡수율에 의하여 치환율이 증가할수록 거치른 표면에 부착되는 결합재 페이스트량이 상대적으로 감소하고, Bottom ash 내부기공으로 수분이 흡수되어 모르터의 유동성을 감소시키는 것으로 판단된다.

반면, 빈 배합의 경우, 플로우치가 바텀애쉬 대체율 50% 이상에서 높게 나타나 부배합의 경우와 반대현상을 보였는데, 이는 물-결합재비의 적정 혼입율이 40% 내외이며, 바텀애쉬 첨가량이 증가함으로 인한 결과치가 달라나와 건축소재 개발에 따른 변화요인을 사전에 예측할 수 있는 결과라 판단되었다.

4) 중금속의 용출특성

화력발전소 폐기물인 Bottom Ash 및 Bottom Ash를 치환한 모르터에 대해 각각 용출시험을 실시하였다.

Bottom Ash 자체를 용출시험한 결과 미량의 구리(Cu), 비소(As), 수은(Hg)이 검출되었으나 기준치에 훨씬 못 미치는 양으로 나타났으며, 기타 유해 중금속은 검출되지 않았다.

[표 26] 공정시험법에 의한 용출시험 결과

| 항 목 | | Pb | Cu | As | Hg | Cd | Cr6+ |
|---------|--------|-----|------|-------|--------|-----|------|
| 허 용 기 준 | | 3 | 3 | 1.5 | 0.005 | 0.3 | 1.5 |
| 용출결과 | BA | N.D | 0.27 | 0.001 | 0.0025 | N.D | N.D |
| | mortar | N.D | N.D | N.D | 0.0016 | N.D | N.D |

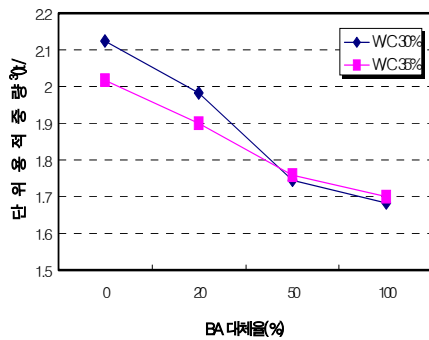
폐기물인 Bottom ash를 치환한 모르터의 경우에는 구리도 검출되지 않았고 미량의 수은(Hg)이 검출되었으나 공정시험법에서 정한 환경기준치를 초과하지 않는 것으로 나타나, 재료자체에 대한 시험결과보다 잔골재로 치환하여 제조한 모르터의 용출시험결과가 더 안정한 것으로 나타났다.

따라서 Bottom Ash가 모르터 제조시 결합재와 반응하여 증금속의 용출이 억제되어 짐을 알 수 있었고, 이는 결합재 재료가 포함된 건축소재의 경우, Bottom Ash를 잔 골재로 활용하여도 환경적인 유해성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

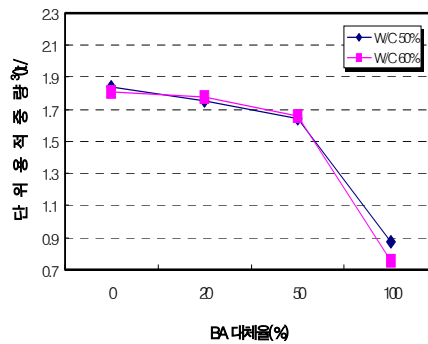
5) 단위용적중량

폐기물인 Bottom ash의 치환율에 따른 모르터의 단위용적중량을 측정된 결과는 그림과 같다.

Bottom Ash의 치환율이 증가할수록 모르터의 단위용적중량이 감소함을 알 수 있다. 일반 모래를 사용한 보통 콘크리트의 경우 단위용적중량이 $2,123 \text{ kgf/m}^3$ 이며, 빈배합 1:8일때 Bottom Ash 대체율이 100%인 모르터는 702 kgf/m^3 로 보통모르터에 비해 약 34%정도 감소한 것으로 나타나 재료의 경량성이 우수한 것으로 평가되었다.



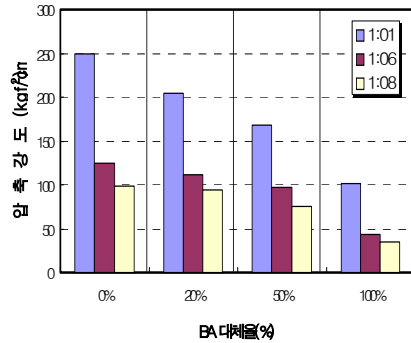
[그림 37] 배합비 1:1일때의 BA대체율별 단위용적중량



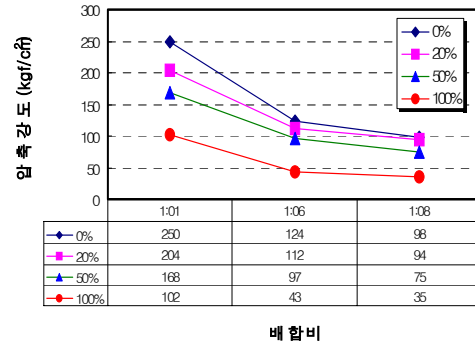
[그림 38] 배합비 1:6일때의 BA대체율별 단위용적중량

6) 압축강도

Bottom Ash의 잔골재 치환율에 따른 강도변화를 고찰하면, 압축강도는 치환율 0%에서 100%까지는 거의 직선적으로 감소함을 나타내었다.



[그림 39] BA 대체율에 따른 압축강도



[그림 40] 배합비에 따른 압축강도

특히, Bottom ash 100% 치환한 배합은 강도저하 현상이 심하게 나타나 건자재 활용에는 부적합을 알 수 있었으며, 대체율 50%까지는 사용가능한 것으로 나타났다. 또한, 배합비 1:1에서는 0% 대비50%에서 압축강도 발현현상이 약 절반가량으로 낮게 나타났으나 배합비 1:6



[그림 41] BA 치환율 100%때의 물드형상

과 1:8에서는 강도발현 현상이 평균 70-80% 정도로 강도저하 현상이 덜 나타나 빈배합에서의 Bottom ash의 사용량 증대를 위한 연구가 사용량 증대를 가져올 수 있을 것으로 판단된다.

7) 소결

가) 화력발전소의 부산물인 플라이애쉬와 더불어 바텀애쉬의 효용가치를 실험한 결과, 1차적으로 모르타에 실험한 결과치는 양호하게 나타났다.

나) 또한, 중금속 용출이 규정치내에 포함되는 양호한 결과치를 보여, 환경오염에도 안전한 것으로 밝혀졌다.

다) 플로우 현상은 Bottom ash 대체율이 증가할 수록 저하되는 정도가 심하게 나타나, 작업성 개선을 위한 혼화제 첨가가 필수적일 것으로 판단되나, 건축소재의 제품

화를 위해서는 경량성과 다공성이 우수한 특성을 보여 경량성 소재개발에는 다양하게 적용될 것으로 판단된다.

라) 제품의 활성화를 위해 제작한 벽돌몰드의 압축강도 실험에서는 배합비가 빈배합일수록 Bottom ash의 치환율이 증가할 수록 강도저하 현상은 나타나지만, 50%까지는 강도발현 현상으로 보아, 건축소재에 사용이 가능할 것으로 판단된다.

나. 페스티로폼(E.P.S)의 표면재료 사용가능성에 관한 평가 결과

현장배합을 중심으로 한 페E.P.S.를 혼입한 제품의 실험을 실시하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

[표 27] 실험결과

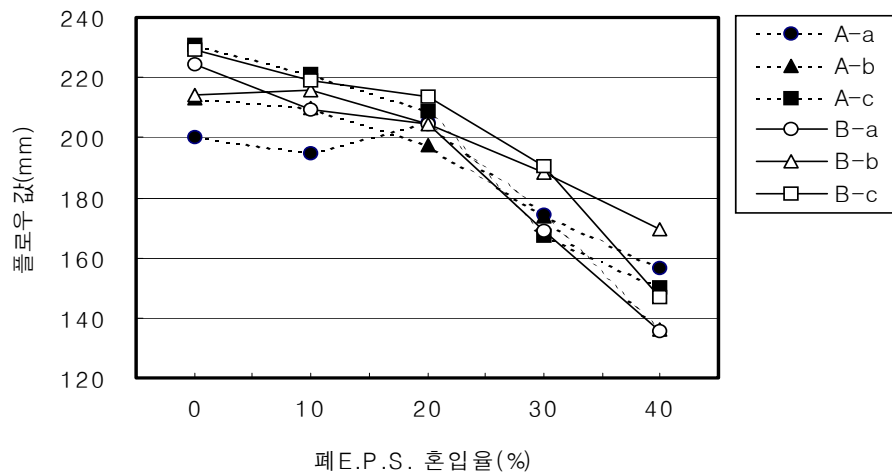
| 시험체 번호 | 단위결 합재량 (kg/m ³) | W/C (%) | 페E.P.S. 혼입율 (%) | 플로우 (mm) | 겉보기비 중 | 흡수율 (%) | 압축강도 (kgf/cm ²) | | |
|-----------|------------------------------------|------------|-----------------------|-------------|-----------|------------|--------------------------------|-------|-------|
| | | | | | | | 3일 | 7일 | 28일 |
| A-a-1 | 280 | 60 | 0 | 200 | 0.42 | 41 | 3.18 | 4.40 | 7.16 |
| A-a-2 | | | 10 | 191 | 0.41 | 40 | 3.50 | 4.94 | 8.13 |
| A-a-3 | | | 20 | 205 | 0.42 | 30 | 5.40 | 7.25 | 9.99 |
| A-a-4 | | | 30 | 175 | 0.42 | 22 | 5.60 | 7.33 | 10.36 |
| A-a-5 | | | 40 | 157 | 0.41 | 16 | 6.41 | 9.79 | 12.29 |
| A-b-1 | | 65 | 0 | 213 | 0.45 | 39 | 2.58 | 4.61 | 6.06 |
| A-b-2 | | | 10 | 210 | 0.40 | 37 | 3.28 | 4.81 | 8.17 |
| A-b-3 | | | 20 | 198 | 0.41 | 28 | 4.37 | 5.19 | 9.68 |
| A-b-4 | | | 30 | 174 | 0.43 | 17 | 4.46 | 6.17 | 9.16 |
| A-b-5 | | | 40 | 136 | 0.42 | 11 | 5.61 | 5.87 | 9.37 |
| A-c-1 | | 70 | 0 | 231 | 0.43 | 36 | 2.56 | 4.76 | 5.41 |
| A-c-2 | | | 10 | 221 | 0.38 | 35 | 4.06 | 5.78 | 7.64 |
| A-c-3 | | | 20 | 209 | 0.45 | 27 | 4.76 | 6.29 | 8.32 |
| A-c-4 | | | 30 | 168 | 0.38 | 24 | 4.59 | 5.50 | 8.52 |
| A-c-5 | | | 40 | 150 | 0.40 | 13 | 4.06 | 6.04 | 8.44 |
| B-a-1 | 320 | 60 | 0 | 225 | 0.50 | 38 | 3.55 | 7.62 | 9.45 |
| B-a-2 | | | 10 | 210 | 0.46 | 34 | 4.80 | 7.44 | 11.27 |
| B-a-3 | | | 20 | 205 | 0.47 | 25 | 4.49 | 7.89 | 11.32 |
| B-a-4 | | | 30 | 169 | 0.42 | 18 | 6.24 | 8.36 | 13.20 |
| B-a-5 | | | 40 | 136 | 0.45 | 13 | 7.90 | 11.01 | 14.90 |
| B-b-1 | | 65 | 0 | 214 | 0.48 | 41 | 4.09 | 6.54 | 8.53 |
| B-b-2 | | | 10 | 216 | 0.46 | 38 | 5.20 | 7.31 | 8.89 |
| B-b-3 | | | 20 | 205 | 0.43 | 24 | 6.00 | 7.44 | 11.27 |
| B-b-4 | | | 30 | 188 | 0.45 | 19 | 5.15 | 8.21 | 11.92 |
| B-b-5 | | | 40 | 170 | 0.51 | 14 | 6.69 | 8.64 | 12.57 |
| B-c-1 | | 70 | 0 | 229 | 0.54 | 34 | 4.43 | 6.29 | 8.81 |
| B-c-2 | | | 10 | 219 | 0.53 | 34 | 5.42 | 7.73 | 9.83 |
| B-c-3 | | | 20 | 213 | 0.48 | 26 | 5.64 | 7.97 | 9.69 |
| B-c-4 | | | 30 | 191 | 0.41 | 21 | 5.81 | 9.05 | 12.24 |
| B-c-5 | | | 40 | 147 | 0.51 | 13 | 5.47 | 9.27 | 11.42 |

1) 플로우

플로우 값은 제품을 타설 할 때의 시공성과 펌프 압송성을 결정하는 중요한 요소로 KS F 4039에서는 최소 시공성을 확보하기 위해선 180mm 이상을 확보하도록 되어 있다.

가) 폐E.P.S. 혼입율과 플로우

본 실험에서 플로우 값은 136~229mm의 범위를 나타내고 있다. 실험결과에 따르면 폐E.P.S.의 혼입율이 증가함에 따라 플로우 값의 저하가 일어났으며 혼입량이 20% 이상 증가함에 따라 플로우 값이 급속히 저하되는 것으로 나타났다. 즉, 0%에서 20%까지는 약 4%의 플로우 값의 저하가 일어나나 20%에서 40%까지는 약 14%의 플로우 값의 감소를 보였다.

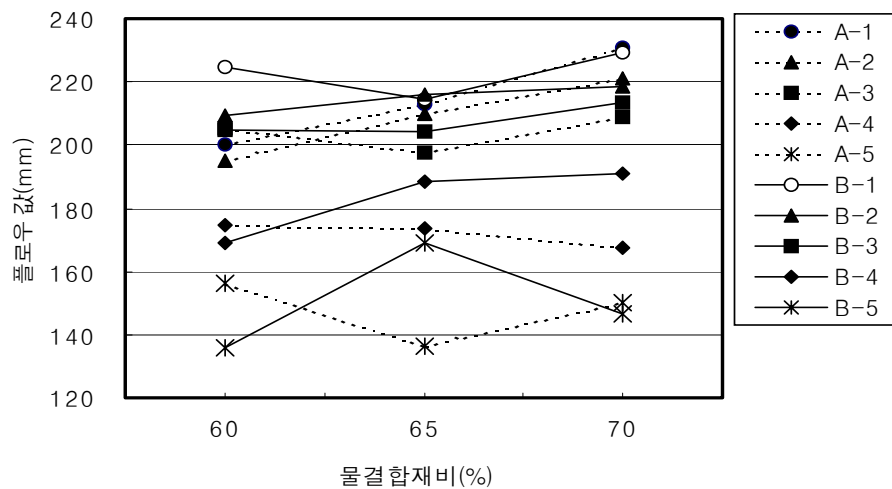


[그림 42] 폐E.P.S. 혼입율에 따른 플로우 값

이는 폐E.P.S.의 입형이 고르지 않고 결합재 페이스트가 폐E.P.S.의 혼입율이 증가함에 따라 폐E.P.S. 표면에 부착되는 결합재 페이스트 양이 많아져 결합재 페이스트의 유동성을 저하시키기 때문으로 사료된다. 본 실험에서는 단위결합재량 280kg/m³일 때는 폐E.P.S. 혼입율 20%까지, 단위결합재량 320kg/m³일 때는 30%이하에서 KS F 4039에 제시되어 있는 플로우값 180mm를 만족하는 것으로 나타났다.

나) 물결합재비와 플로우

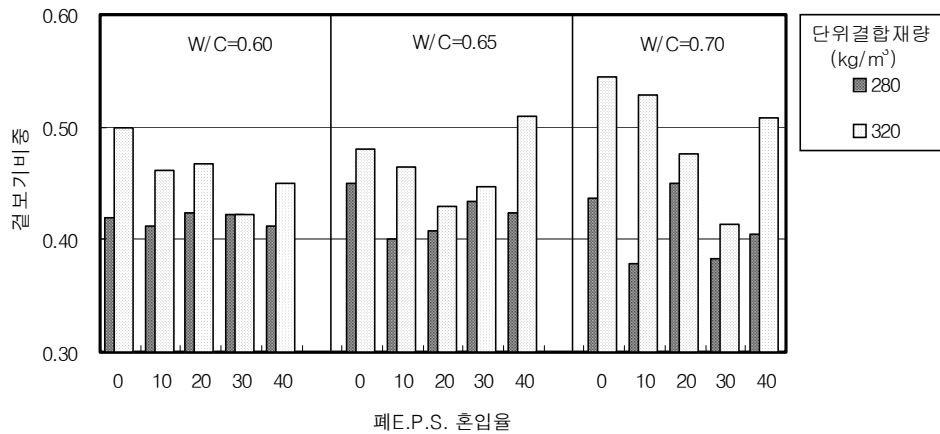
다음 그림은 물결합재비에 따른 플로우 값을 나타낸 것이다. 페E.P.S. 혼입율 0%20%일 때는 결합재 페이스트의 유동성이 어느 정도 확보가 되어 물결합재비에 따라 플로우 값이 다소 상승하는 경향이 보였으나 페E.P.S. 혼입율 30%40%에서는 물결합재비에 따른 플로우 값의 변화보다는 페E.P.S.의 영향 및 기포의 상태에 따라 많은 영향을 받은 것으로 사료된다.



[그림 43] 물결합재비에 따른 플로우 값

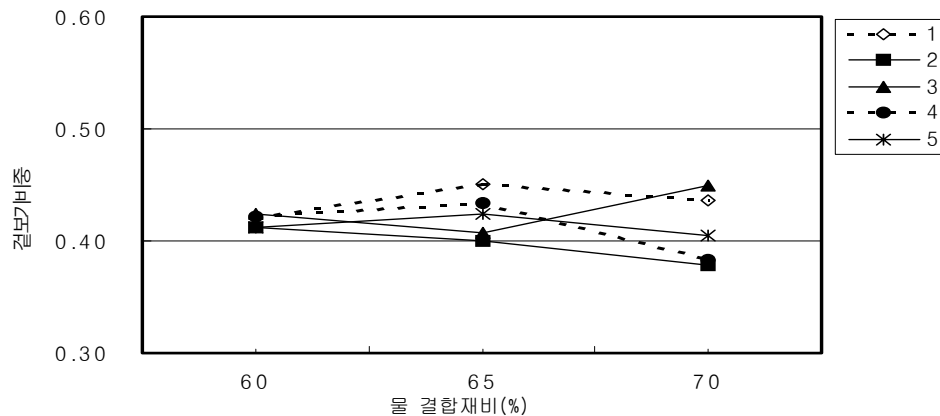
2) 겉보기 비중

본 실험에서 나타난 겉보기 비중은 단위결합재량이 280kg/m^3 일 때는 0.380.45의 범위로 평균 0.43이었고 단위결합재량이 320kg/m^3 일 때는 0.410.54의 범위를 보였으며 평균 0.47의 값을 나타내어 단위결합재량이 40kg/m^3 증가함에 따라 겉보기 비중 역시 0.04 증가를 나타내었다.



[그림 44] 단위결합재량에 따른 겉보기 비중

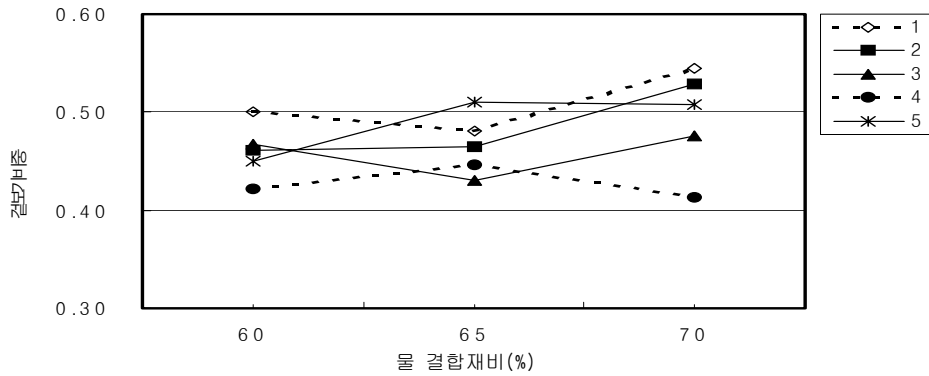
그러나 물결합재비 및 페E.P.S. 혼입율이 증가에 따른 겉보기 비중의 증가는 뚜렷이 일어나지 않았다. 이는 제품을 제조할 때 발생시킨 기포의 무게가 326g/ℓ 인데 반하여 페E.P.S.의 무게는 26g/ℓ로서 기포보다 가볍기 때문으로 판단된다.



(a) 단위결합재량 280kg/m³

제품의 겉보기 비중은 양생된 시험체의 건조무게를 측정된 값으로서 배합재료의 분체량과 유사한 값을 나타낸다. 이론적으로는 결합재량과 결합재 수화에 필요한 물량을 계산하여 그 값과 유사한 값을 가져야하나 본 실험에서는 평균적으로 15%정도 많은 값을 나타내었으며 그 원인으로는 배합과정에서 기포가 일부 소포 되어 전체

용적에서 분체량이 차지하는 비율이 높아졌기 때문이며, 또한 결합재의 수화에 필요한 결합수가 일부 남아있어, 슬러리 양이 많을수록 결합수의 양이 증가하여 겔보기 비중이 높게 나타난 것으로 판단된다.



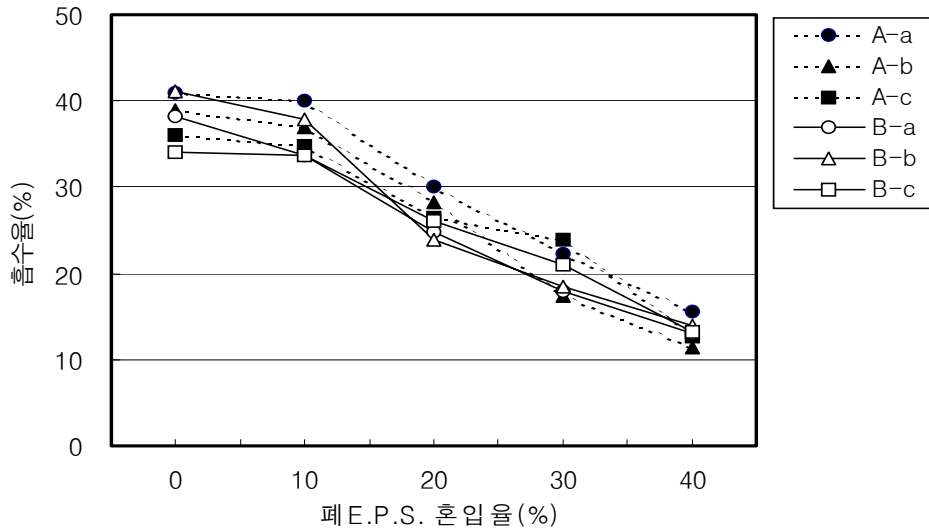
(b) 단위결합재량 320kg/m²

[그림 45] 물결합재비에 따른 겔보기 비중

3) 흡수율

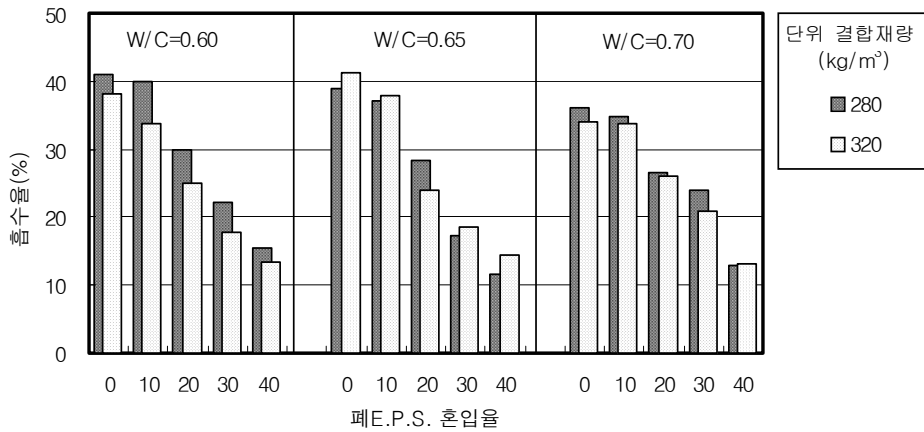
제품은 다공질의 기포조직으로 이루어져 다른 결합재 수화물에 비하여 높은 흡수율을 나타내고 있으며 수분 흡수율이 높아질수록 강도저하나 단열성능의 저하를 초래하게 될 뿐 아니라 제품과 접하게 되는 이질재료와의 흡수율 차이에 의한 수분의 이동으로 균열의 한 원인이 된다.

본 실험에서 사용된 폐E.P.S.는 흡수율이 0.3%로서 제품의 흡수율 개선에 매우 효과적으로 나타났다.



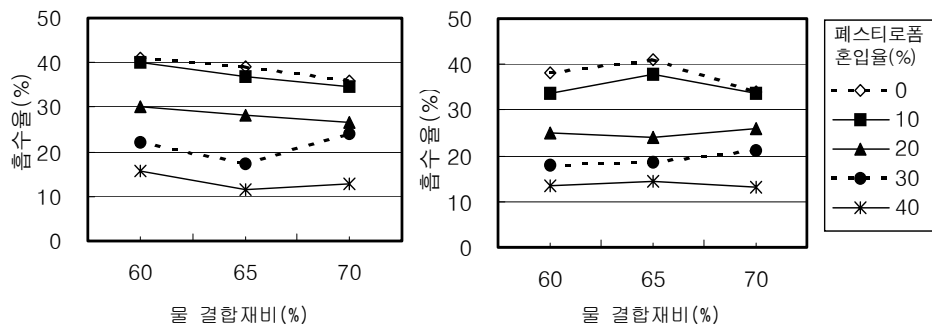
[그림 46] 페E.P.S. 혼입율에 따른 흡수율

본 실험에서 나타난 흡수율의 범위는 단위결합재량 280kg/m^3 인 경우 1141%, 단위결합재량 320kg/m^3 일 경우 1341%로 나타났으며, 단위결합재량 40kg/m^3 의 증가에 따라 소폭 감소하는 경향을 보였으며 이는 단위결합재량이 증가함에 따라 기포량이 감소했기 때문으로 판단된다.



[그림 47] 단위결합재량에 따른 흡수율

물결합재비에 따른 제품의 흡수율은 뚜렷한 변화를 보이지 않았다. 이처럼 물결합재비에 따른 흡수율의 변화가 적은 까닭은 제품의 흡수율이 물결합재비 보다는 기공의 형상 및 분포와 양생에 따른 수화정도에 따라 크게 좌우되기 때문이며, 본 실험에서는 물결합재비가 60%에서 70%로 증가함에 따라 흡수율이 다소 감소하는 경향을 보였는데, 이는 결합재량이 고정된 상태에서 물결합재비가 증가하게 되어 상대적으로 기포량이 감소하였기 때문으로 판단된다.



(a) 단위결합재량 280kg/m³

(b) 단위결합재량 320kg/m³

[그림 48] 물결합재비에 따른 흡수율

4) 압축강도

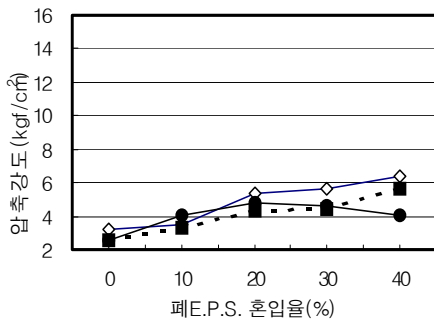
본 실험에서 나타난 압축강도의 범위는 7일 강도인 경우 단위결합재량 280kg/m³일 때 4.409.70kgf/cm², 단위결합재량 320kg/m³일 때 6.2911.01kgf/cm²로 나타났으며 28일 압축강도의 범위는 단위결합재량 280kg/m³일 때 6.0612.29kgf/cm², 단위결합재량 320kg/m³일 때 8.5314.90kgf/cm²로 나타났으며, 페E.P.S. 혼입율에 따른 재령 28일 압축강도를 나타낸 것이다. KS F 4039에 제시된 압축강도의 규정은 7일 압축강도 5.10kgf/cm²이상, 28일 압축강도 8.15kgf/cm²이상이며 본 실험에서는 단위결합재량 280kg/cm³일 때 페E.P.S. 혼입율 20%이상 혼입하면 KS F 4039규준에 모두 만족하는 것으로 나타났으며, 단위결합재량 320kg/cm²에서는 모두 만족하는 것으로 나타났다.

가) 페E.P.S. 혼입율과 압축강도

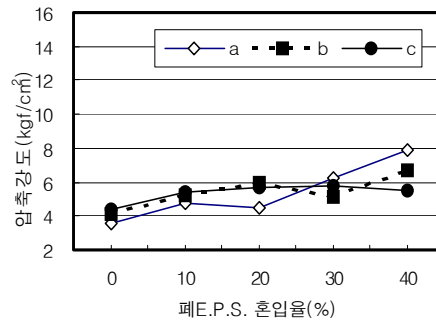
페E.P.S. 혼입에 따른 강도의 증가는 무혼입 했을 때와 비교하여 단위결합재량 280kg/m^3 일 때는 페E.P.S. 10% 혼입시 압축강도는 1343% 증가하고 있으며 40% 혼입 했을 경우 5771% 증가하고 있다. 단위결합재량 320kg/m^3 인 경우는 각각 1119%, 2957%의 압축강도 증가를 보여주고 있다.

다공질의 조직구조를 갖는 제품의 압축강도는 콘크리트 배합에 포함된 기포량의 영향을 지배적으로 받는다. 본 실험에서는 페E.P.S. 혼입율이 증가함에 따라 압축강도도 증가하는 것으로 나타났으며 이에 대한 가장 큰 요인으로는 페E.P.S.이 기포와 치환되어 콘크리트의 기포공극을 감소시켰기 때문으로 판단된다.

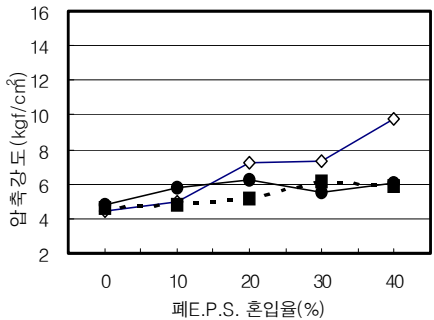
페E.P.S.의 혼입이 압축강도를 증진시키는 다른 요인으로는 페E.P.S.이 가지는 자체의 내충격성과 제품 경화시 페E.P.S.는 기포의 소포로 인한 연속 공극을 줄이고 수분의 이동을 방해하여 기포 포막을 결합재페이스트가 경화할 때까지 유지시키는데 기여를 하기 때문으로 사료된다.



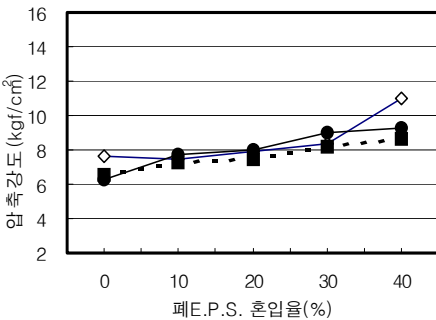
(a) 단위결합재량 280kg/m^3 , 재령 3일



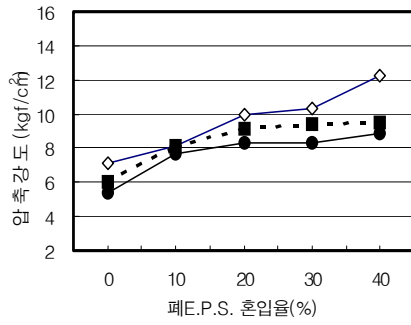
(b) 단위결합재량 320kg/m^3 , 재령 3일



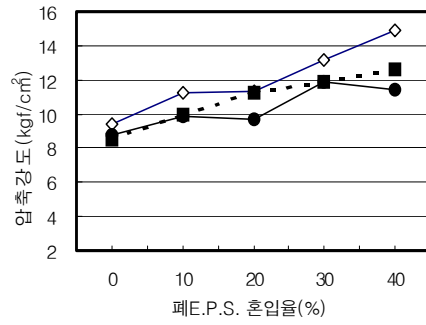
(c) 단위결합재량 280kg/m^3 , 재령 7일



(d) 단위결합재량 320kg/m^3 , 재령 7일



(e) 단위결합재량 280kg/m³, 재령 28일



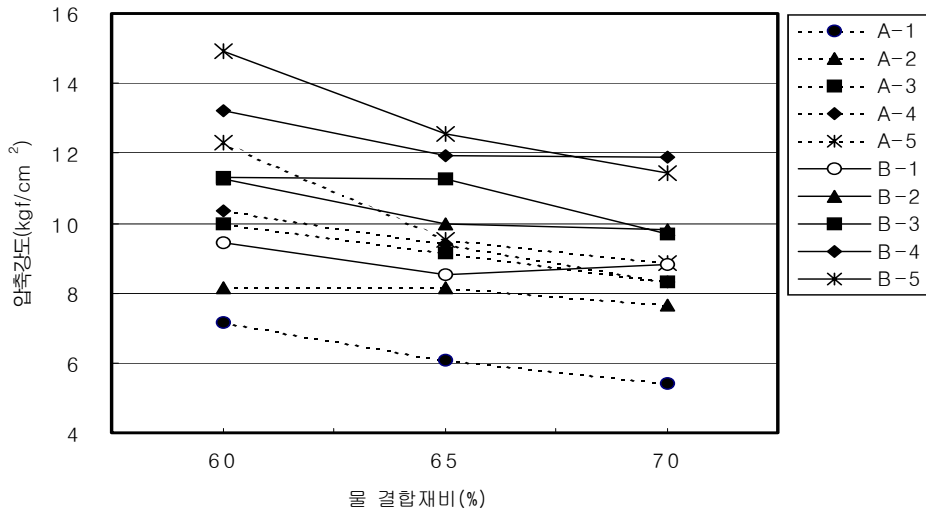
(f) 단위결합재량 320kg/m³, 재령 28일

[그림 49] 페E.P.S. 혼입율에 따른 압축강도

이와 같이 페E.P.S.의 혼입으로 인한 강도증진은 기존의 제품에서 쓰이는 결합재 양을 줄여 경제성 향상에 기여될 것으로 판단되며 본 실험에서도 단위결합재량 320kg/m³일 때 무혼입의 압축강도의 값은 89kgf/cm²으로 단위결합재량 280kg/m³일 때 페E.P.S. 혼입율 20% 혼입한 경우와 유사하게 나타났다.

나) 물결합재비와 압축강도

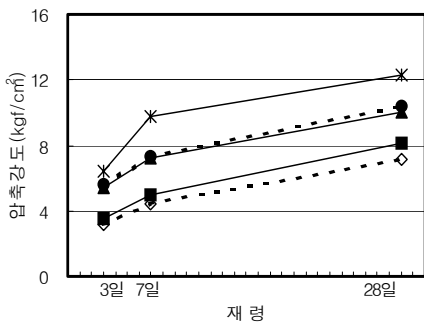
물결합재비가 60%인 경우 65%, 70%인 경우보다 압축강도가 높게 나타났으나 물결합재비가 65%에서 70%로 증가한 경우의 압축강도는 유사한 값을 나타내었다. 일반적으로 콘크리트내에서 물결합재비가 증가하면, 결합재와 수화되고 남은 물은 경화 후 공극으로 남게 되고 이러한 공극은 콘크리트의 압축강도를 저하시키는 것으로 알려져있다. 제품에서는 이러한 모세관공극보다 다공질의 기포조직이 압축강도의 저하에 더 많은 영향을 미친다.



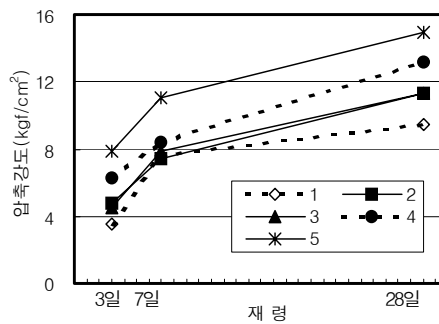
[그림 50] 물결합재비에 따른 압축강도(재령 28일)

다) 재령에 따른 압축강도

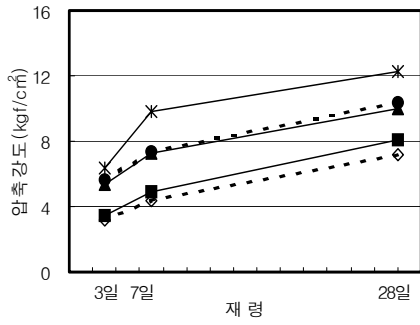
그림에서 나타난 바와 같이 물결합재비 60%일 경우 페E.P.S. 혼입에 따른 압축강도의 증진효과가 뚜렷이 보이고 있으며 특히 7일 강도의 발현은 무혼입에 비하여 40%혼입했을 때 약 3kgf/cm²의 강도증진을 보이고 있다. 본 실험에서는 재령 3일의 경우 단위결합재량 280kg/m³일 때 평균 압축강도 약 4kgf/cm², 320kg/m³일 때 약 5kg/cm²으로, 28일 대비 강도 발현율은 약 50%내외로 나타났으며, 재령 7일의 평균 압축강도 값은 각각 6kgf/cm², 8kgf/cm², 28일 대비 강도 발현율은 약 70%내외로 나타났다.



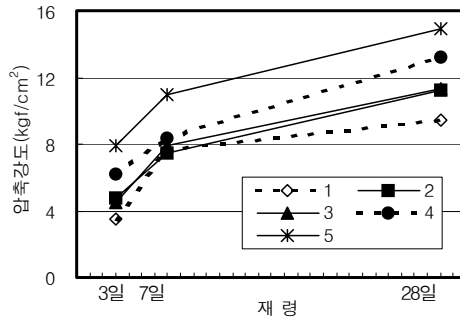
(a) 단위결합재량 280kg/m³, W/C=0.60



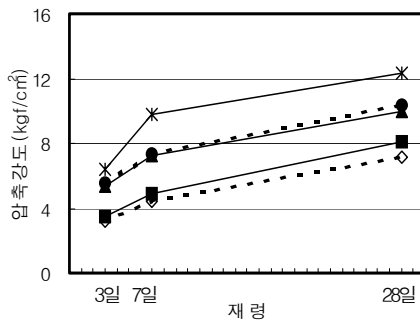
(b) 단위결합재량 320kg/m³, W/C=0.60



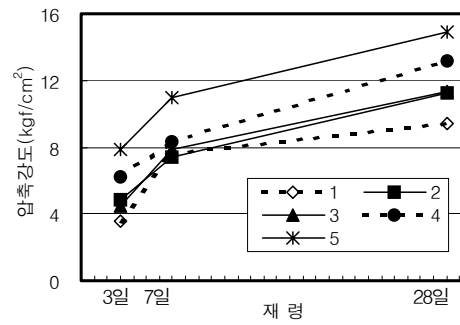
(c) 단위결합재량 280kg/m³, W/C=0.65



(d) 단위결합재량 320kg/m³, W/C=0.65



(e) 단위결합재량 280kg/m³, W/C=0.70

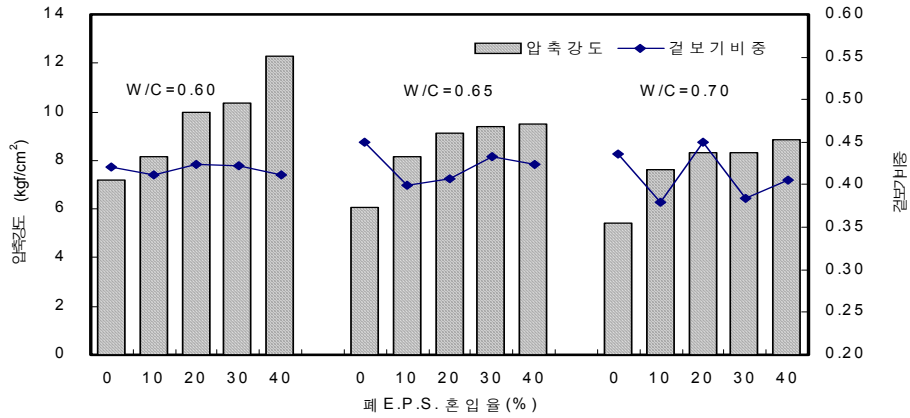


(f) 단위결합재량 320kg/m³, W/C=0.70

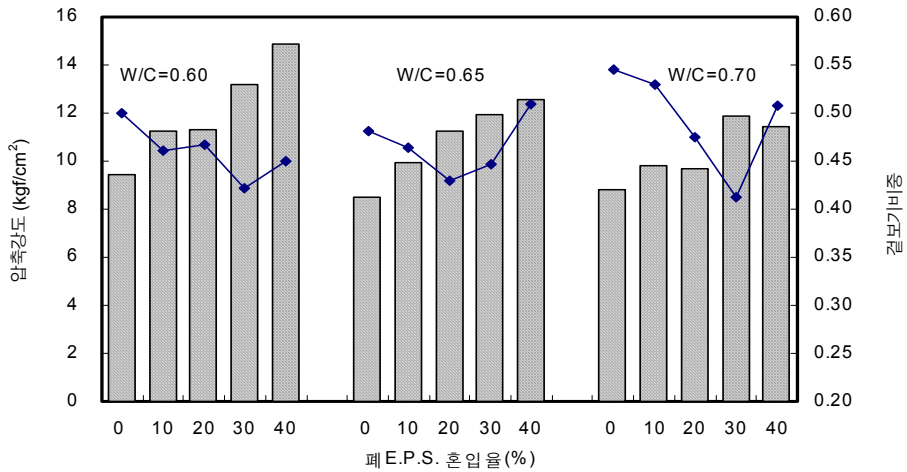
[그림 51] 재령에 따른 압축강도

라) 겉보기 비중과 압축강도

일반적으로 제품의 겉보기 비중은 제품의 물리적 특성이나 역학적 특성에 영향을 미치는 중요한 인자로 알려져 있다. 이는 다공질의 조직 구조를 뚜렷한 특성으로 가지는 제품 고유의 특성상 강도특성이나 흡수특성, 또는 단열특성이 겉보기 비중에 의해 좌우될 수밖에 없을 것이라는 점에서 예상 할 수 있다. 그러나 폐 EPS를 혼입할 경우 폐 EPS의 혼입을 증가로 인한 압축강도의 증가 경향은 보이고 있으나 겉보기 비중증가 및 압축강도와의 상관성은 나타나지 않는다. 단지 폐 EPS 무혼입의 경우 압축강도에 비해 겉보기비중이 높게 나타나는데 이것은 기포의 소포로 인한 체적의 감소로 인해 나타난 결과이다.



(a) 단위결합재량 280kg/cm²



(b) 단위결합재량 320kg/cm²

[그림 52] 압축강도와 겉보기 비중

5) 소결

본 실험은 심재에 들어가 있는 숯의 효능을 그대로 발현시킬 수 있는 표면피복재를 개발하기 위해 기공성이 풍부한 바텀애쉬와 단열성 및 경량성이 좋고, 생산단가의 우수성까지 갖춘 폐 EPS의 혼입율을 증가시켜 그 특성을 알아보고 제품에 대한 기초자료를 제시하는 것을 목적으로 하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

가) 플로우는 바텀애쉬의 경우, 연속기공이 많아 제품의 유동성에 미치는 영향은 거의 없다고 판단된다. 그러나 폐EPS. 혼입율의 증가에 따라 플로우 값의 저하가 일어났으며 폐EPS.를 20%이상 혼입 했을 경우 플로우 값은 크게 감소하였으며 단위 결합재량이 증가하면 플로우 값도 증가하는 경향을 보였다. 폐 EPS.를 020% 혼입 했을 경우 물결합재비에 따른 플로우의 증가 경향이 보였으나 3040% 이상 혼입하였을 때는 물결합재비에 따른 플로우 값의 특성이 보이지 않았다. 따라서, 플로우 값의 변화는 바텀애쉬 첨가량에 상관 없이 폐 EPS 첨가량 20% 범위를 잘 관찰하여 제품을 제조하여야 할 것이다.

나) 본 제품개발은 결합재를 구성하는 각 재료의 첨가량은 결정되어 있기 때문에 단위 결합재량의 차이에 따라 겉보기 비중은 단위결합재량 280kg/m^3 일 때 0.380.45, 단위결합재량 320kg/m^3 일 때 0.410.54의 범위를 나타냈다. 폐 EPS.의 겉보기 비중은 0.026으로서 기포의 비중과 비슷하여 폐 EPS. 증가에 따른 겉보기 비중의 증가는 나타나지 않아 매우 만족스러운 결과를 보였다.

다) 바텀애쉬가 첨가된 제품의 흡수율은 폐 EPS.의 혼입량이 증가할수록 감소하는 경향을 보여 흡수율 개선에 매우 효과적인 것으로 나타났다. 폐 EPS.를 20% 혼입했을 때의 흡수율의 범위는 단위결합재량 280kg/m^3 일 때 2730%였으며 단위결합재량 320kg/m^3 일 때 2426%의 범위를 나타냈다.

라) 본 실험의 배합에서 폐 EPS.혼입율이 40%이내에서 혼입율이 증가할수록 압축강도는 증가하는 추세를 보였다. 무혼입 했을 때와 비교하여 폐 EPS. 10% 혼입시 압축강도는 1343% 증가하고 있으며, 40%혼입 했을 경우 5771% 증가하고 있다. 단위결합재량 280kg/m^3 일 때 폐 EPS.를 20% 혼입한 재령 28일 압축강도는 $8.329.99\text{kg/cm}^2$ 로서 폐 EPS. 혼입에 따라 바텀애쉬가 첨가된 적은량의 단위결합재량으로도 소요하는 압축강도 값을 만들 수 있을 것으로 판단된다.

4. 결 론

1, 2차년도 연구결과에서 폐 EPS는 혼입한 본 개발 제품은 기존의 제품에 비하여 단위결합재량을 감소시키고도 동등한 수준의 압축강도를 얻을 수 있었으며 흡수율, 경량성 등이 뛰어나며, 특히 재활용 소재를 활용하여 표면피복재를 개발할 수 있음을 알 수 있었다. 더욱이 제품의 원가 절감뿐만 아니라 산업부산물인 폐 EPS의 재활용을 도모할 수 있었다.

따라서 심재로 사용되는 재료가 숯 뿐만 아니라 타 재료라도 상관없이 그 효능을 발휘할 수 있도록 도포해주는 피복재료의 개발은 매우 중요한 개발 분야이며, 타 분야에도 응용이 가능할 것이며, 특히 재활용 소재를 적용한 응용분야에도 활발하게 관여할 수 있으리라 판단된다.

가. 기대효과

1) 기술적 측면

가) 단열저감 및 실내공기 여과효과

본 기술개발이 완료되면, 건축물의 내외부 공법으로 적용함으로 인해 선정된 경량석의 효과로 인해 실내공기 오염 감소 및 단열효과에 탁월하다는 기존 연구결과에서 보여 주듯이 매우 효과적인 주거환경을 가져올 것이라 판단된다.

나) 소음경감 및 건물의 내구성 향상효과

기존의 건축물 내부에서 발생되는 소음공해는 개발된 소재의 흡음효과로 인해 단과장이 장과장으로 변화되어 퍼지게 된다. 또한, 표층부의 보호로 인한 콘크리트 노화방지로 건축물의 내구성을 향상시키는 효과가 클 것으로 판단된다.

다) 신축 건축물의 새집증후군 현상으로 인한 인체에 미치는 악영향을 최소화 하므로써 쾌적한 주거환경을 도모하여, 단열성이 부각됨으로 인해 결로현상 또한 저감시킬 수 있으리라 생각된다.

라) 기타 숯의 고유한 기능을 발현할 수 있어 거주공간의 쾌적성을 담보해 낼 수 있을 것이다.

2) 경제 · 산업적 측면

가) 재활용 토양소재 개발을 통한 수입대체 효과

- 국내 대부분은 수입산 경량토양을 사용하고 있지만, 비중이 너무 작고, 자체 단위용적중량의 감소로 불충분한 다짐불량 현상과 약한 표면경도로 인해 미분말 발생량이 많다는 단점이 있으며, 단위면적당 재료원가가 높아 전체공사비 증가를 초래하고 있다. 따라서, 재활용 소재를 이용하여 소재 개발 및 제조기술이 선결 과제이며, 이는 국내 관련분야의 기술력 제고에 일조할 것으로 판단된다.

나) 조립화된 시공으로 인력감소, 공기단축 등 가격경쟁력 제고

- 건축 구조물로서의 요구성능은 구조적 안전성, 내구성 확보, 용이한 시공성, 향후 유지관리 등 크게 4가지로 대별할 수 있는데, 무엇보다 본 기술은 전문화되지 않은 시공성과 지방규정이 각 시공사마다 달라 이에 대한 개선 대책이 시급한 실정이다.
- 따라서 공종별 작업구분(공장 및 현장작업)이 명확하여야 하며, 내부공사와 별개의 공정으로 개발하여야 하며, 단위 Unit의 조립화 공법으로 전체 공사비 절감효과가 가능할 것이다.

다) 농촌경제의 부 창출효과

- 숯을 통해 개발된 과거 제품들은 대부분이 1차 가공 처리되어 화분용, 냉장고 및 신발, 장롱의 냄새제거용 등에 사용되었지만 소화물량이 극소량이며, 응용분야에 대한 고부가가치 창출이 어려운 상황이다.
- 그러나 상기 소재를 활용하여 2차 응용분야에 접목이 가능해지므로 수요증대로 인한 농가수익에 일조할 것으로 판단되며, 정책적 요구사항에 부합되기 때문에 향후 전망이 매우 밝을 것으로 생각된다.

나. 활용방안

1) 숯 등의 소재를 코팅처리 할 수 있는 활용방안 및 응용분야 확대

가) 표면 코팅재에 관련된 국내 여러 종류의 특허권, 실용신안 등이 등록되어 있지만, 실질적으로 현장 적용성에 문제점이 있어 그 활용도는 매우 저조한 실정이다. 그러나 본 기술개발을 통해 고품질 저가의 조립식 공정을 통한 생산원가 절감 및 자원재생의 효과를 배가하는데 일조할 것이라 생각된다.

나) 기술개발이 완료되면 기존 사용범위까지 다양하게 적용할 수 있어 기술경쟁력에서 우선권을 확보 할 수 있다.

다) 재활용 소재 응용기술개발을 통한 수입대체 효과 : 국내 대부분은 수입산 소재를 사용하고 있지만, 비중이 너무 작고, 자체 단위용적중량의 감소로 불충분한 다짐 불량 현상과 약한 표면경도로 인해 미분말 발생량이 많다는 단점이 있으며, 단위면적당 재료원가가 높아 전체공사비 증가를 초래하고 있다. 따라서 재활용 소재를 이용하여 소재 개발 및 제조기술이 선결 과제이며, 이는 국내 관련분야의 기술력 제고에 일조할 것으로 판단된다.

2) 현장보급을 통한 제품의 우수성 홍보강화 방안

연구결과물 완성 → 민관공사시 건설업체의 모델하우스 샘플전시 후 개별납품 계약서 체결 → 산업폐기물 처리 활용방안(정부시책) 제안 등으로 관계부처와의 관계강화 → 현장적용 사례에 의한 홍보강화

3) 제품의 산업화를 위한 계획방안

: 시제품의 고부가 가치화(타산업의 활용분야 제시) → 제품의 우수성 및 차별성을 강조한 연구발표회 개최 → 타 분야의 적용방안 제안 및 응용기술 제안 → 최적의 생산방식 결정(단순화, 조립화 기술) → 제품의 생산공정 정립 → 제품 활용 사양서 표준안 마련 → 창업유도

5. 참고문헌

- 1) 건설교통부, 경량기포 콘크리트 재료개발연구, 1996
- 2) 구해식, 경량기포콘크리트의 압축강도에 대한 실험적 연구, 대한건축학회논문집14권 1호, 1998.
- 3) 박상순, 고분자기포제를 이용한 기포콘크리트의 개발과 역학적 특성, 연세대 대학원 석사학위논문,1996.
- 4) 변근주 외, 「고분자 기포제를 이용한 제품의 개발 (I), (II)」 콘크리트학회지 제 9권 1호, 1997.
- 5) 성찬용, 기포제가 모르타의 제성질에 미치는 영향에 관한 실험적 연구, 강원대 대학원 박사학위논문, 1984.
- 6) 안용득, 기포제를 사용한 모르타의 제성질에 관한 실험적 연구, 충남대 대학원 석사학위논문, 1984.
- 7) 이대형 외, 진동억제 콘크리트의 물성에 관한 실험적 연구, 콘크리트학회 학술 발표논문집 제7권 2호, 1995.
- 8) 이승한 외, Bottom Ash를 이용한 기포콘크리트의 열전도 특성, 콘크리트학회 학술발표 논문집 제7권 2호, 1995.
- 9) 임진규, 경량단열기포콘크리트의 특성에 관한 실험적 연구, 건국대학교 석사학위 청구논문 , 1996.
- 10) 채호성, 제품의 성능평가에 관한 연구, 연세대 산업대학원 석사학위 논문.1987.
- 11) 최장석, 철선보강패널의 경량화 방안에 관한 실험적 연구, 건국대 산업대학원 석사학위논문,1993.
- 12) 한국발포폴리스틸렌 재활용협회, 스티로폼 포장재와 재활용에 대하여, 1999.2
- 13) 이우근, 김진범, 김은미, “비산재중에 함유된 중금속의 용출특성에 관한 연구 (1)”, 한국폐기물학회지, Vol. 14, 1997, pp 257-260, 한국폐기물학회
- 14) 김순철, 종이의 제조이론과 응용, 세한출판사, 1985
- 15) 건축기술정보(편), 압출성형에 의한 시멘트계 건축재료의 제조와 이용, 건축기술정보, 1995. 2. p.p. 6371.
- 16) 김한기, 황토모르타의 배합비에 따른 시공성에 관한 실험적 연구, 동아대 산업대

- 학원, 석사학위논문, 1997
- 17) 건국대학교 재료·시공연구소, 강구조 내화피복용 건식보드 개발에 관한 실험적 연구, 포항종합제철(주), 1999.6
 - 18) (주)대동기술연구소, 황토를 이용한 온수온돌 바닥의 균열방지 및 Self-Leveling공법 개발에 관한 연구, 1997
 - 19) 서치호, 석면대체섬유 시멘트복합체의 실용화 기술개발, 한국건설기술연구원, 1997.8
 - 20) 서치호, 황토를 이용한 시멘트모르타의 특성에 관한 연구, 1996
 - 21) 서치호, 황토를 주재료로 사용한 건자재의 제조 및 특성에 관한 연구, 1999
 - 22) 송태협, 압출성형 경량콘크리트패널 개발에 관한 연구, 건국대 산업대학원, 석사학위논문, 1999.11
 - 23) 안재철, 석회를 혼합한 황토모르타(三和土)의 물성에 관한 기초적 연구, 동아대 대학원, 석사학위논문, 1997
 - 24) 윤재환 편저, 포틀랜드 시멘트 및 콘크리트, 세진사, 1999.
 - 25) 장복기 외 3인, 시멘트 재료화학, 전남대학교 출판부, 1998.11
 - 26) 지식원, 시멘트매트릭스 압출성형재료의 양생조건에 따른 강도특성에 관한연구, 건국대 대학원, 석사학위논문, 1996.11
 - 27) 최응규, 석면대체 Slate Panel 개발에 관한 기초적 연구, 서울대 대학원, 1990.8
 - 28) 한국콘크리트학회(편), 최신콘크리트공학, 기문당, 1997.10
 - 29) 한국건설기술연구원, 제지슬러지의 건축용 보드 실용화 기술개발 연구, 한국건설기술연구원, 1997.10
 - 30) 한국건자재시험연구원, 건축자재 규격 표준화 연구, 국립기술품질원, 1997.12
 - 31) 한국동력자원연구소, 고령토의 종합활용기술개발(Ⅲ) 고령토 광물의 광물조성연구, 과학기술처, 1987
 - 32) 황정하, 자동수평 기능 및 균열억제 기능을 가진 신모르타에 관한 연구, 서울대 대학원, 석사학위논문, 1996
 - 33) 황혜주, 포졸란반응 확인방법에 관한 연구, Journal of Construction & Material Research, Korea Univ., No.1, 1997
 - 34) 황혜주, 고령토의 활성화 방법 및 활성화고령토를 혼입한 모르타와 콘크리트에 대한 연구, 서울대 대학원, 박사학위논문, 1997

- 35) James S. Reed 저, 김성식, 김종희, 박지연 공역, 요업가공(원서명 :Introduction to the principles of ceramic processing), 범한서적, 1994.
- 36) William F. Smith(김상주, 김학신, 김철환 공역), 재료과학과 공학(원서명 : Principles of Materials Science and Engineering), 회중당, 1987. p 472.
- 37) ASTM C796-87a (Standard Test Method for Foaming Agents Use in Producing Cellular Concrete Using Preformed Foam)
- 38) Andrew Short / William Kinniburgh, Lightweight Concrete, 1978.
- 39) G. C. Hoff, Porosity-strength considerations for cellular concrete, Cement and Concrete Research, 2, No. 1, 1972. Jan.
- 40) I. Jawed, J. Skalny, Fly Ash in Concrete, RILEM, 1991.
- 41) 澤田慶司, 押出成形技術入門, シグマ出版, 1995.6
- 42) 是石俊文 外, 石炭灰利用人工輕量骨材およびそれを用いたコンクリートの諸性質, 電力土木, 1986.
- 43) T.Mangialardi, et. al., "Characteristics of MSW Ash for Use in Concrete", Environmental Engineering Science, Vol. 15, 1998, pp 291-297
- 44) Morita Suzuki, "Melting Test for Fly Ash from a Municipal Waste Incinerator by Electric Melting Furnace", Waste Manegement Research, Vol. 7, 1996, pp 18-27

