



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

工學碩士 學位論文

주거용 실내 내장재의 산소지수농도에
관한 연구



2016年 8月

釜慶大學校大學院

消防工學科

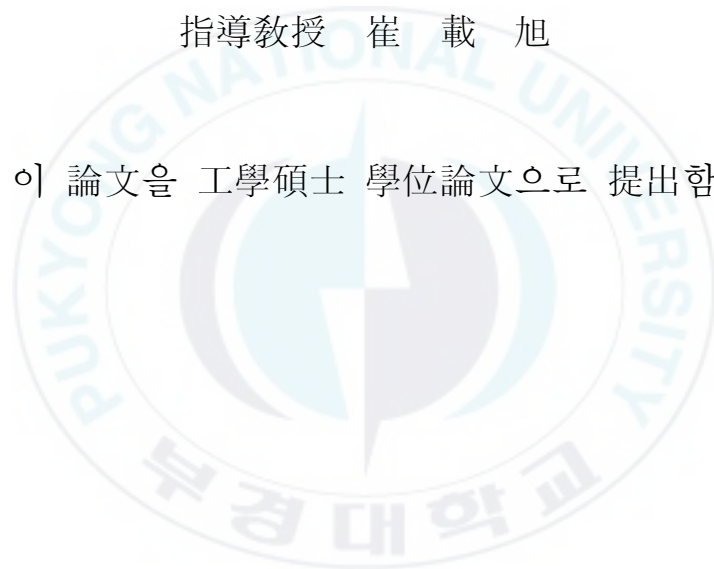
朴鎮京

工學碩士 學位論文

주거용 실내 내장재의 산소지수농도에 관한 연구

指導教授 崔 載 旭

이 論文을 工學碩士 學位論文으로 提出함



2016年 6月

釜慶大學校大學院

消防工學科

朴 鎮 京

朴鎮京의 工學碩士 學位論文을 認准함

2016年 6月



主 審 工學博士 崔 俊 鎬 (印)

委 員 工學博士 李 致 榮 (印)

委 員 工學博士 崔 載 旭 (印)

목 차

1. 서론	1
2. 이론	3
2-1. 산소지수 농도	3
2-2. 실내화재의 양상	4
2-3. 실내내장재의 정의	5
3. 실험재료의 특성	6
3-1. 한지벽지	8
3-2. 실크벽지	9
3-3. 합지벽지	10
3-4. 모노륨장판	11
3-5. 온돌마루	12
3-6. 강화마루	13
4. 실험장치 및 방법	14
4-1. 실험장치	14
4-2. 실험방법	17
5. 결과 및 고찰	18
5-1. 한지벽지	18
5-2. 실크벽지	23

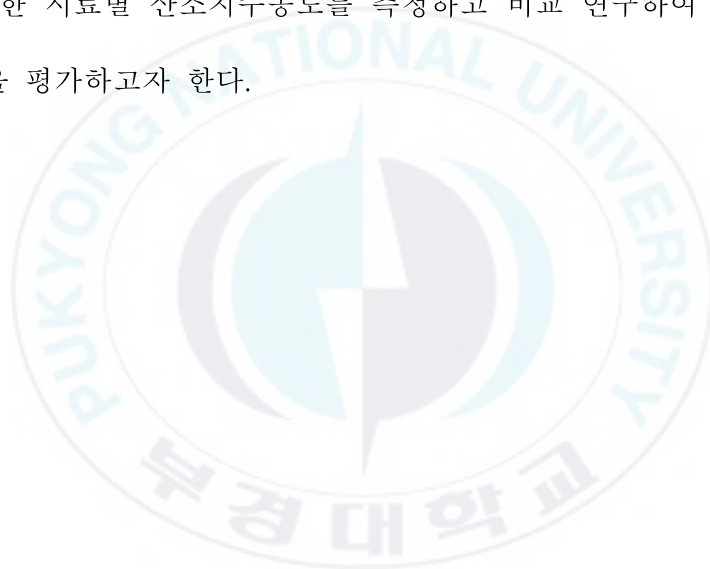
5-3. 합지벽지	28
5-4. 모노룸장판	33
5-5. 온돌마루	37
5-6. 강화마루	41
6. 결 론	46
참 고 문 헌	48
Abstract	50



1. 서 론

산업의 발달로 인하여 단열, 보온, 차음 등의 특성을 지니는 내장재와 단열재의 생산이 증가하고 있으며 고유한 특성을 지닌 내장재들은 쾌적한 환경을 조성하기 위해서 친환경적인 내장재의 개발이 이루어지고 있다. 그러나 일부 내장재들은 고분자 화학물질 등을 재료로 하고 있으므로 화재발생 시 화염의 확산이 쉽고, 연소 시 유독가스가 발생하게 되어 물적 손실과, 인적손실이 크다. 이는 고분자재료가 가지는 단점인 열안정성이 낮아 재료의 연소에 따라 분출되는 열, 연기, 유해가스로 인한 화재위험 요인으로 나타나고 있다.¹⁻²⁾ 화재통계에 따르면 최근 10년간 화재발생 현황을 살펴보면 주거용 건물인 주택, 아파트의 화재 발생으로 인한 인명피해가 증가하고 있다. 매년 평균적으로 43,309건의 화재와 인명피해가 약 2,222명이 발생한다. 인명피해 중 사망자는 346명에 이르며, 2015년 전체 화재건수는 44,435건으로 전년 대비(42,135건) 증가하였다. 이 중에서 주거 화재는 11,587건으로 전체화재의 26.1 %를 차지하고 있다.³⁻⁴⁾ 이와 같이 화재가 많이 발생하고 사망자가 증가하는 현상은 건축물의 대형화, 용도 및 실내장식재가 다양화되면서 안전성보다는 경제성을 고려하기 때문이다.⁵⁾ 이처럼 실내 내장재는 화재가 발생할 경우 화재를 확산시키는 주요 원인이 되므로, 이에 대한 보다 정확한 예측이 요구되고 있는 실정이다.⁶⁻⁷⁾ 이러한 건축물의 내부를 구성하고 있는 건축물의 내장재 및 마감재는 화재 시 직접 노출되어 제일 먼저 착화 및 연소 확대되는 주요 매체이기 때문

에 이들 마감재는 착화가 잘되지 않고 착화되더라도 연소 확대가 잘 되지 않도록 난연화된 제품을 사용하여야 한다.⁸⁻⁹⁾ 국내에서의 연구는 김⁶⁾의 내장 벽지의 연소특성에 관한 연구와 박¹⁰⁾의 바닥 내장재의 연소특성 분석에 관한 연구가 있으나, 실험재료의 무게, 두께, 및 밀도 등의 물리적 특성값이 제시되지 않아, 정확한 실험 데이터로서는 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 실내 내장재의 화재 시 발생하는 화재성장과 확대위험성을 예측하기 위하여 물리적 특성값에 의한 시료별 산소지수농도를 측정하고 비교 연구하여 건축내장재의 화재위험성을 평가하고자 한다.



2. 이론

2.1. 산소지수 농도

산소지수란 산소와 질소의 혼합기류중 가연물이 연소를 계속 유지할 수 있는 산소의 최저산소농도를 퍼센트로 나타내는 것으로 산소지수가 크다는 것은 가연물이 연소하는데 필요한 산소농도가 크다는 것을 의미하며 산소지수가 클수록 난연성이 우수하다고 할 수 있으며, 고분자 재료는 우리들의 생활공간에서 중요한 역할을 하고 있으며, 대단히 편리한 재료이다. 그러나 불에 약한 결점이 있으며, 이 재료가 어떤 착화원에 의해 착화한 후의 연소단계로서 정상적 연소, 화재의 성장과정이 있다. 이 과정에서 재료의 결점을 측정하고자 하는 것이 연소시험이며 여기에서 대표적인 시험법인 산소지수법으로 KS M ISO4589-2¹¹⁾, JIS K7201¹²⁾ 등이 있다.

산소지수법은 측정 시에 재현성이 높고 고분자 물질의 확인방법으로도 응용할 수 있다. 또한 다른 연소시험법도 많이 있으나 이들은 정성적으로 재료의 연소성을 등급으로 나누는 반면 산소지수 법은 연소성을 정량적인 수치로 측정할 수 있다. 산소지수(Oxygen Index, O.I)는 이 시험방법에 의해 시험편의 연소시간이 3분 이상 연소하거나, 착염 후의 연소 길이가 50 mm 이상으로 계속 타는데 필요한 최저의 산소유량(O₂)을 측정하고 이로부터 질소유량(N₂)을 산출하며, 다음 식에 의하여 구한다.¹³⁾

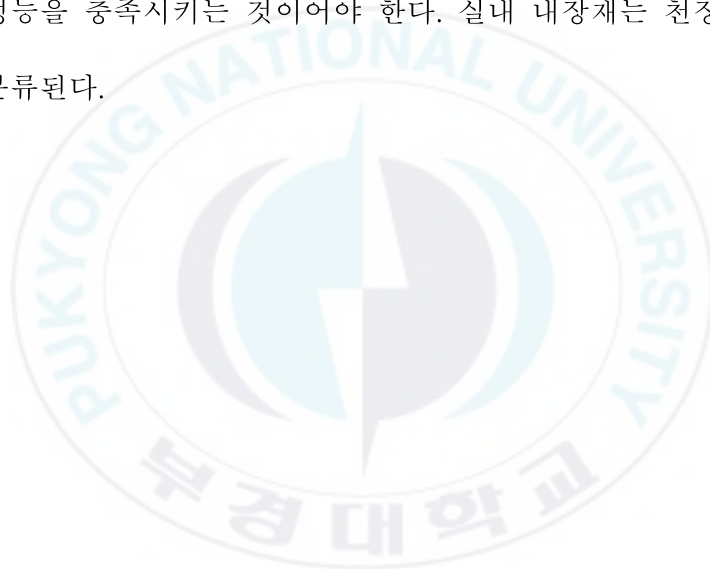
$$\text{산소지수}(O.I) = \frac{O_2(l/\text{min})}{O_2(l/\text{min}) + N_2(l/\text{min})} \times 100[\%]$$

2.2 실내화재의 양상

밀폐된 실내에서 내장재나 가구가 탈 경우에는 실내의 산소농도가 한계 산소량 이하로 되면 타다 말고 꺼진다. 그러나 개구부가 있으면 그곳을 통해서 공기가 공급되기 때문에 계속 탄다. 이와 같은 경우 가연물의 연소속도를 좌우하는 것은 실내 환기이지만, 개구부가 더욱 더 커지면 공기공급은 환기 여하에 관계없이 충분하게 되며 이 경우 가연물의 연소속도는 연료특성에 의하여 지배된다. 일반적으로 전자를 환기지배화재(ventilation-controlled fire), 후자를 연료지배화재(fuel-controlled fire)라고 한다. 실내화재의 거동은 실내바닥 위 또는 하부에서 발화가 일어나면 그곳을 중심으로 화염을 동반하는 화재기류가 발생하여 벽의 상부나 천정으로 착화해서 천정면의 연소 확대로 옮긴다. 이 시점에서 실내공간의 상부에서는 고온가스가 모아지고 또 천정이나 벽면의 온도도 상승하므로 이들로부터의 열방사가 바닥 위의 미가연물을 가열, 발화를 일으켜서 실내 전역의 화재로 된다.⁵⁾

2.3 실내내장재의 정의

실내 내장재란 건축물의 내부공간의 기능과 요구되는 각 성능을 충족시키며, 쾌적한 실내 환경을 얻기 위한 소재이다. 실내내장은 그 공법과 사용재료에 따라 구조체 자체로서 내장을 겸하게 하는 경우도 있으나, 일반적으로 구조체와는 별도로 붙이거나 발라 마무리한다. 대부분 각종 소재로 된 판형재료가 주가 되어 면을 이루게 하는 것이 많으며, 이들의 내구성·질감·촉감 등 각종 요구 성능을 충족시키는 것이어야 한다. 실내 내장재는 천장·벽·바닥의 세 부위로 분류된다.



3. 실험재료의 특성

본 실험에서 사용된 재료로는 실내 내장재로 사용되고 있는 벽지와 바닥재로 2가지의 종류로 구분 할 수 있다.

벽지는 한지벽지, 실크벽지, 합지벽지로 실험을 하였고, 한지벽지는 O사에서 생산한 것이며, 실크벽지와 합지벽지는 G사의 제품을 사용하였다. 바닥재는 장판지, 온돌마루, 강화마루로 선정하였으며, 장판지는 L사, 온돌마루는 K사 강화마루는 C사에서 생산한 것으로 사용하였다. Table 1은 실험재료(1cm×1cm)의 물리적인 특성 값을 나타내었다.¹⁴⁻¹⁵⁾

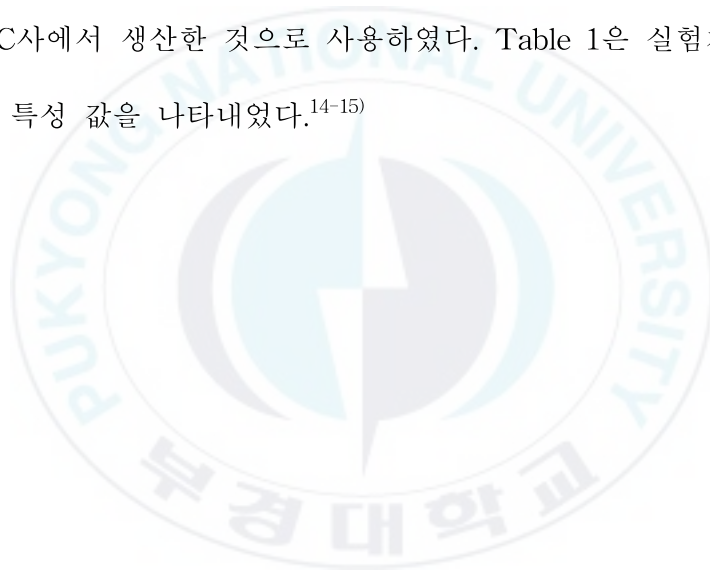


Table 1. Description of test specimen

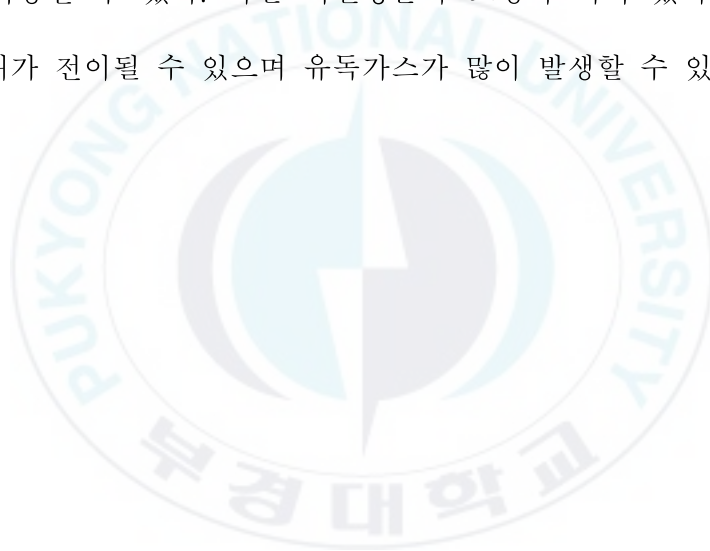
품명	구분	무게(g)	두께(cm)	밀도(g /cm ³)
한지벽지	탁 운용	0.012	0.03	0.40
실크벽지	87310-5	0.045	0.03	1.50
합지벽지	28198-4	0.025	0.03	0.83
모노룸 장판	SL30191-11	0.234	0.22	1.06
온돌마루	가우디파크 화이트워시	0.644	0.70	0.92
강화마루	아도나이 7003	0.705	0.80	0.88

3-1. 한지벽지

한지벽지는 인열강도와 인장강도가 높고 섬유 길이가 길고 내수성과 내구성이 뛰어난 재료이다. 또한 구조나 결합물질에 따라서 압축강도나 내마모성이 강화될 수 있다. 한지는 재질이 질기기 때문에 여러 겹으로 배접하면 견고하고 단단해지며 물에 적셔 두드릴수록 질겨지는 성질을 가지고 있다. 특히 매우 가벼워 사용하기에 편리하며 한지의 질긴 특성과 유연함은 다양한 형태를 만들어낼 수 있는 물리적 특성을 지니고 있다. 또한 한지는 공기와 수분 조절 능력이 뛰어난 재료이다. 섬유사이에 적당한 공간을 가지고 있으므로 계절에 따라 민감한 반응을 보여 방안의 온도와 습도를 유지하게 하는 신축성을 가지고 있다. 한지의 통기성 때문에 땀을 배출하고 냄새를 없애는 환기의 역할을 하며 방음성과 흡음성이 뛰어나 다양한 실내마감재로 사용이 가능하다.¹⁶⁾

3-2. 실크벽지

실크벽지는 종이 위에 비닐을 코팅 처리한 벽지로서 일반적으로 실크벽지, PVC벽지라고도 하며, 종이벽지와 함께 가장 흔하게 사용되며, 비닐 벽지에 특수처리를 가해 발포 벽지나 섬유벽지와 같은 효과를 낸 것으로 나뭇결이나 돌, 금속 질감을 표현함으로, 패턴과 색상이 다양하다. 비닐벽지에 특수처리를 가했기 때문에 마찰과 굽힘에 강하고 방수, 단열 효과가 뛰어나며 다른 벽지보다 오래 사용할 수 있다. 다만 비닐성분이 코팅이 되어 있기 때문에 화재시 쉽게 화재가 전이될 수 있으며 유독가스가 많이 발생할 수 있다.¹⁷⁾



3-3. 합지벽지

합지벽지는 종이 위에 무늬와 색상을 프린팅한 가장 저렴하고 시공하기 쉬운 벽지로서 종이 두 장을 배접해 엠보싱과 프린트 공정을 거친 종이벽지로 임대주택이나 소형 아파트에 많이 사용되고 있다. 그러나 최근에는 실크 벽지류의 사용이 확대되면서 시장 점유율이 떨어지고 있지만 가격이 저렴하여 가장 널리 사용되는 벽지이다.¹⁷⁾



3-4. 모노륨장판

모노륨장판은 PVC(Polyvinyl chloride)가 주원료로 열에 의한 수축 팽창이 심하지 않아서 겹치지 않고 이음새 없이 깔끔하게 시공이 가능하며, 저렴한 비용과 간편한 시공 방식으로 예전부터 많이 사용되고 있다. 특히 열전도율이 높으며 물과 습기에 강하고 다른 바닥재에 비해 오염도 적은 장점이 있으나, 섬세한 느낌이 떨어지고 칼이나 외부 압력에 의해 변형되기 쉬운 단점이 있다.

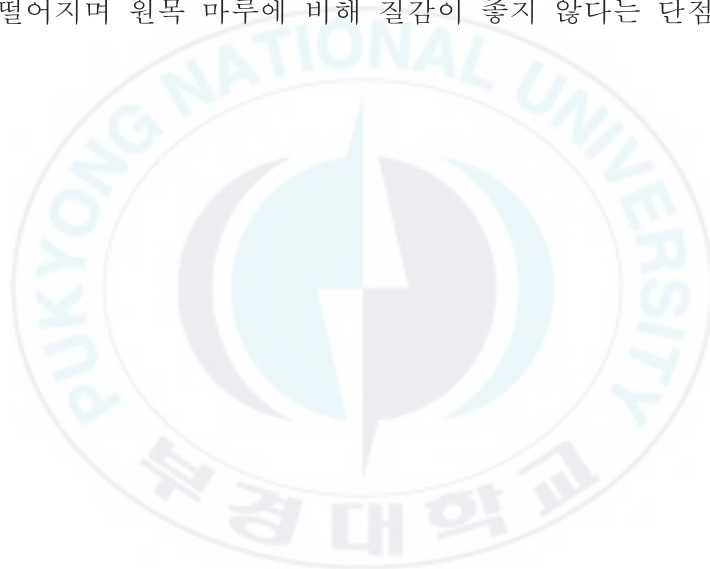


3-5. 온돌마루

온돌마루는 합판을 서로 직각으로 5~7겹 접착한 마루재로 온돌난방 공간에서 원목마루가 갖는 단점인 온도 변화에 의한 수축과 팽창, 뒤틀림을 최소화 하면서 원목 고유의 무늬와 질감을 느낄 수 있도록 개발된 제품으로 합판을 바탕재로 사용하고 그 위에 무늬목을 붙여 도장 처리한 마루재이다.¹⁸⁾ 표면은 주로 무늬단판을 접착하고 도장을 하며, 무늬 단판의 두께에 따른 성질의 차이와 내구성의 차이가 있으며, 원숙한 자연미로 인한 질감의 우수성에 비해 표면이 강하지 못하여 스크래치, 변퇴색 등 무늬단판 표면의 도장으로 인한 한계가 있다. 최근에 생산되는 제품들은 초기 온돌마루의 단점을 보강하였으며, 특수 코팅 처리하여 표면강도를 강화시켰다.

3-6. 강화마루

강화마루는 목재 가루를 압축한 바탕재위에 고압력으로 강화시킨 여러 층의 표면판을 적층하여 접착시킨 복합재 마루로 일면 ‘라미네이트 마루’ 라고도 불리며, 다른 마루재에 비해 실용적인 바닥재이다. 장점으로 내마소성, 내압인성 및 내수성이 뛰어나 유지관리가 쉽고 다양한 종류의 표면처리가 가능하며, 순간적인 열에도 흔적이 남지 않을 만큼 우수한 내열성을 가지고 있지만 습도 조절능력이 떨어지며 원목 마루에 비해 질감이 좋지 않다는 단점을 가지고 있다.¹⁸⁾



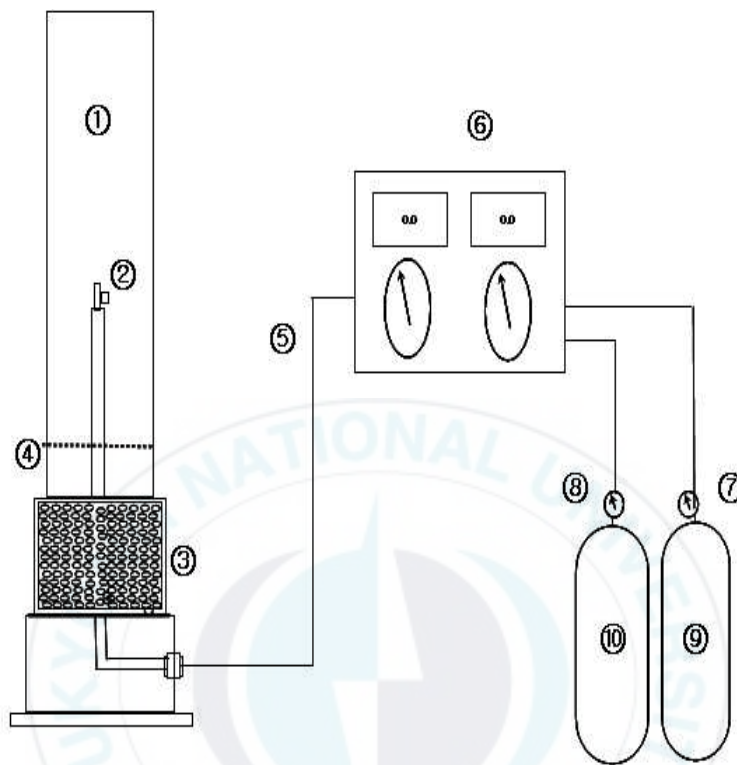
4. 실험장치 및 방법

4-1. 실험장치

본 연구에서는 산소와 질소가 혼합된 상승기류 속에서 착화된 물질이 연소를 지속하는데 필요한 최소산소농도(vol %)를 측정하여 재료의 상대적인 연소성을 판단하는 실험이다. 최소산소농도지수 실험은 ASTM D 2863¹⁹⁾ 기준에서 규정하고 있다. 본 연구에 사용된 실험장치는 Photo 1에 나타내었으며, 그 개략도를 Fig. 1에 나타내었다. 실험장치는 가스공급부, 연소부, 측정부 및 점화기로 구성되어 있고, 가스공급부는 질소와 산소가스로 구성되어 있다. 혼합된 질소와 산소는 밸브를 통하여 측정하고자 하는 값의 비율에 맞는 양을 일정하게 공급하도록 되어있다. 연소부는 혼합된 가스의 공급을 일정하게 하기 위하여 유리구슬을 넣고, 상부에는 시료의 지지대를 설치하여 사용하였다.



Photo 1. Device of oxygen index concentration measurement.



- | | |
|-------------------|---------------------------------------|
| ① Glass chimney | ⑥ Oxygen index experimental apparatus |
| ② Sample pillar | ⑦ Oxygen pressure gage |
| ③ Glass beads | ⑧ Nitrogen pressure gage |
| ④ Metal net | ⑨ Oxygen bomb |
| ⑤ Gas mixing line | ⑩ Nitrogen bomb |

Fig. 1 Schematic diagram of experimental for oxygen index concentration measurement.

4-2. 실험방법

본 연구에서 실험에 사용되어질 각 시편을 60 mm×120 mm 크기로 제작한 뒤 산소지수농도 값을 결정하였다. 산소지수농도 측정 장치방법은 산소봄베통과 질소봄베통을 각각 산소지수농도 측정 장치에 연결한 후 시편을 시료지지대에 고정시켜 구하고자 하는 산소지수농도 값을 결정하였다. 그 다음 각각의 산소, 질소봄베에 연결되어 있는 유량계를 보면서 밸브를 조절하였다. 설치된 시료지지대의 실험시편에 6~25 mm의 불꽃을 점화기로 점화시켜, 화염이 시료에 붙어 불을 붙을 때까지 점화기를 떼지 않는다. 3분 이내에 붙어 붙지 않으면 불완전연소로 보며, 3분 이내에 화염이 착화되어 시편을 3분 이상 연소시키거나, 연소 길이가 50 mm이상이 되는데 필요한 최저의 산소지수농도를 구하고, 수회의 실험을 실시한 값의 평균치를 산소지수 농도의 값으로 결정하였다.

5. 결과 및 고찰

5-1. 한지벽지

Table 2는 한지벽지의 산소지수 값에 대한 결과를 나타낸 것으로서 산소지수 농도에 대한 연소길이, 연소시간의 변화와 연소 가능여부에 대한 실험결과를 나타내었다. 먼저 산소농도 18.0 %에서는 빠르게 연소 하였으며, 산소농도를 내린 결과 17.0 %까지는 착화되어 연소가 진행 되었고, 16.0 %에서는 착화는 되었으나 연소가 계속 진행되지 않았다. 따라서 0.2 %씩 산소농도를 올리면서 산소지수 값을 측정 한 결과 16.2 %, 16.4 %, 16.6 %, 16.8 % 까지 착화되지 않았다. 본 연구에서 실험한 한지벽지의 산소지수농도는 연소된 것과 연소되지 않은 산소농도의 값을 평균하여 16.9 %로 산소지수농도의 값으로 결정하였다.

Photo 2는 한지벽지에 대한 산소농도 변화에 따른 화염이 진행되어 연소한 길이를 나타낸 것으로서, 산소농도 17.0 %에서는 완전연소 하였으며 16.8 %에서 약 23 mm의 탄화현상의 모습을 나타내고 있다.

Fig. 2는 산소농도에 따른 화염전파 길이를 나타낸 것으로, 산소농도 17.0 % 이상에서는 화염의 전파길이가 시료의 길이인 120 mm까지 완전히 연소하는 형태를 나타내었으며, 산소농도 16.8 %이하에서는 산소농도에 따라 미소한 증가는 있으나 큰 차이는 없었다.

Fig. 3은 산소농도의 증가에 따른 화염전파지속 시간을 나타낸 것으로, 산소

지수농도 값 미만에서는 산소농도가 증가할수록 화염전파 지속시간이 증가하였으나 실험의 연소판정 조건인 3분 이상을 만족하지 못하고 소멸되었으며, 산소지수농도 값의 이상에서는 시편이 완전 연소하였고, 산소농도가 증가할수록 완전 연소되기까지의 연소시간이 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 산소농도가 증가할수록 연소가 활발해져 화염의 전이속도가 용이하기 때문으로 사료된다.



Table 2. Result of oxygen index with Hanji wallpaper

산소농도(%)	연소길이(mm)	연소시간(sec)	연소 가능여부
16.0	8	13	×
16.2	10	14	×
16.4	11	15	×
16.6	14	23	×
16.8	23	34	×
17.0	120	96	○
18.0	120	71	○

○: Combustion

×: Incombustibility

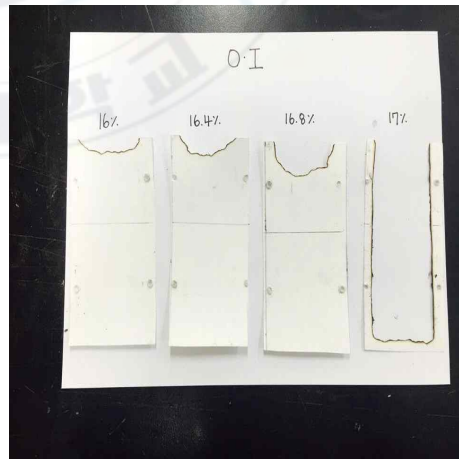


Photo 2. Combustion phenomena of Hanji wallpaper.

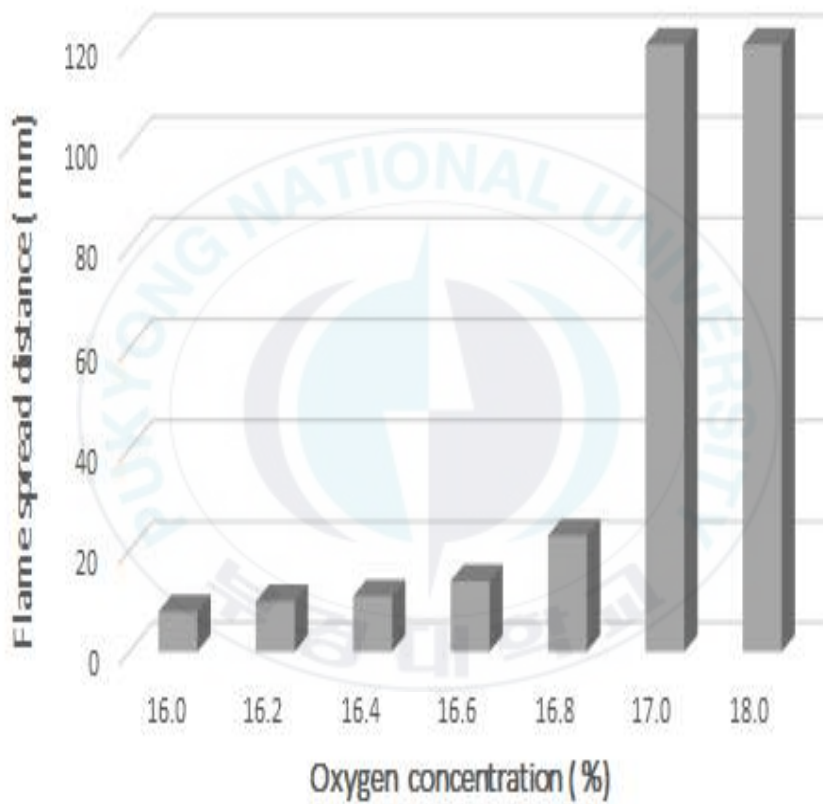


Fig. 2 Flame spread distance of Hanji wallpaper.

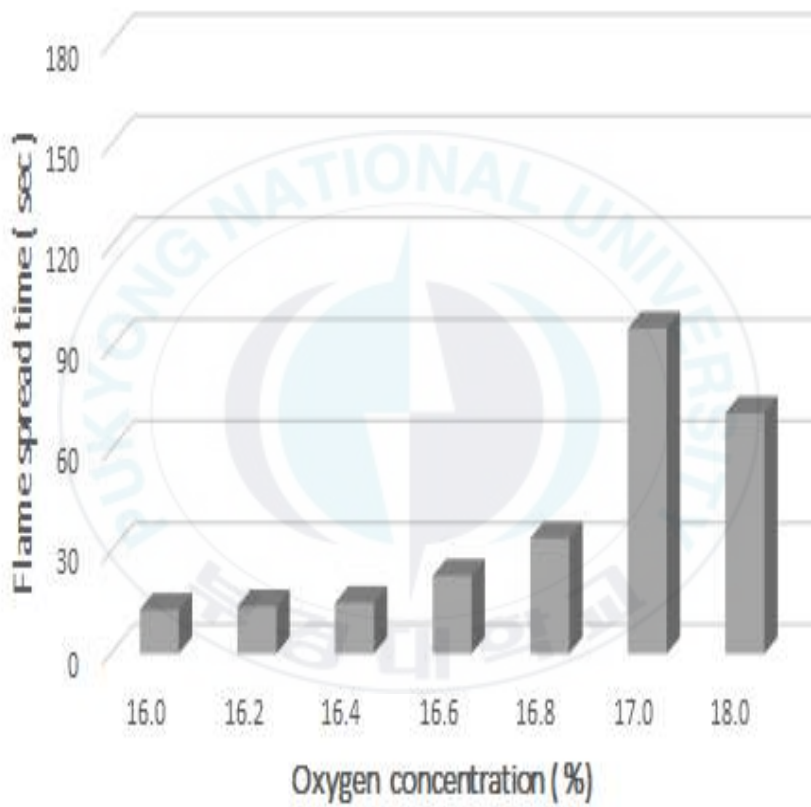


Fig. 3 Flame spread time of Hanji wallpaper.

5-2. 실크벽지

Table 3은 실크벽지의 산소지수 값에 대한 결과를 나타낸 것으로서 산소지수 농도에 대한 연소길이, 연소시간의 변화와 연소 가능여부에 대한 실험결과를 나타내었다. 먼저 산소농도 18.0 %에서 산소지수 값을 측정한 결과 착화는 되었으나 연소가 계속 진행되지 않았고, 산소농도 19.0 %, 20.0 %, 21.0 %에서는 착화되어 연소가 진행되었다. 연소가 진행되지 않은 산소농도 18.0 %에서 0.2 %씩 산소 농도를 올리면서 측정한 결과 18.2 %, 18.4 %, 및 18.6 %에서는 착화는 되었으나 연소가 계속 진행되지 않았고 18.8 %에서는 연소가 계속 진행되었다. 본 연구에서 실험한 실크벽지의 산소지수농도는 연소된 것과 연소되지 않은 산소농도의 값을 평균하여 18.7 %로 산소지수농도의 값으로 결정하였다.

Photo 3은 실크벽지에 대한 산소농도 변화에 따른 화염이 진행되어 연소한 길이를 나타낸 것으로서, 산소농도 18.8 %에서는 완전 연소하였으며 18.6 %에서 약 9 mm의 탄화현상의 모습을 나타내고 있다.

Fig. 4는 산소농도에 따른 화염전파 길이를 나타낸 것으로, 산소농도 18.8 %이상에서는 화염의 전파길이가 시료의 길이인 120 mm까지 완전히 연소하는 형태를 나타내었으며, 산소농도 18.6 %이하에서는 산소농도에 따라 미소한 증가는 있으나 큰 변화는 없었다.

Fig. 5는 산소농도의 증가에 따른 화염전파지속 시간을 나타낸 것으로, 산소지수농도 값 미만에서는 산소농도가 증가할수록 화염전파 지속시간이 증가하

였으나 실험의 연소판정 조건인 3분 이상을 만족하지 못하고 소멸되었으며, 산소지수농도 값의 이상에서는 시편이 완전 연소하였고, 산소농도가 증가 할수록 완전 연소되기까지의 연소시간이 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 산소농도가 증가할수록 연소가 활발해져 화염전이속도가 용이하기 때문으로 사료된다.



Table 3. Result of oxygen index with silk wallpaper

산소농도(%)	연소길이(mm)	연소시간(sec)	연소 가능여부
18.0	6	6	×
18.2	6	7	×
18.4	7	9	×
18.6	9	12	×
18.8	120	137	○
19.0	120	129	○
20.0	120	103	○
21.0	120	93	○

○: Combustion

×: Incombustibility

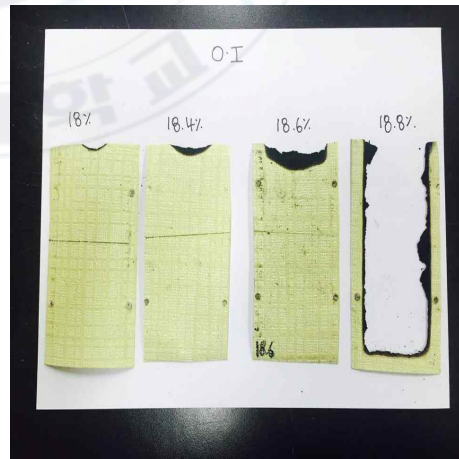
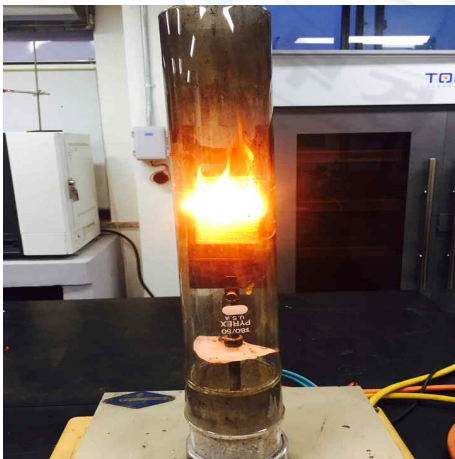


Photo 3. Combustion phenomena of Silk wallpaper.

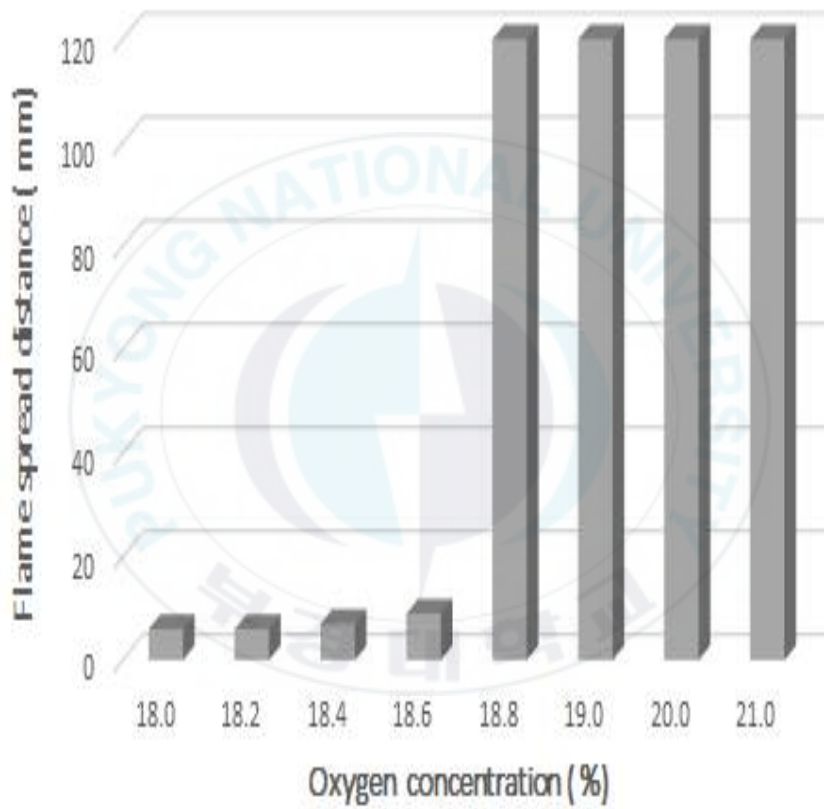


Fig. 4 Flame spread distance of Silk wallpaper.

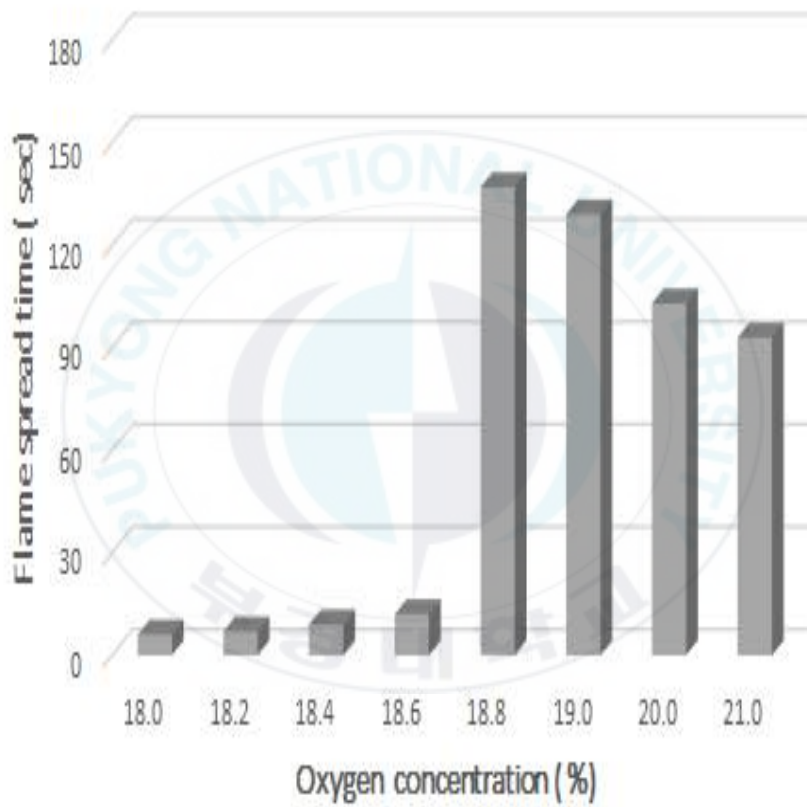


Fig. 5 Flame spread time of Silk wallpaper.

5-3. 합지벽지

Table 4는 합지벽지의 산소지수 값에 대한 결과를 나타낸 것으로서 산소지수 농도에 대한 연소길이, 연소시간의 변화와 연소 가능여부에 대한 실험결과를 나타내었다. 먼저 18.0 %에서는 산소지수 값을 측정한 결과 착화는 되었으나 연소가 계속 진행되지 않았다. 산소농도 19.0 %, 20.0 %, 21.0 %로는 착화되어 연소가 진행되었으며, 연소가 진행되지 않은 산소농도 18.0 %에서 0.2 %씩 산소 농도를 올리면서 측정한 결과 18.2 %, 18.4 %, 및 18.6 %에서는 착화는 되었으나 연소가 계속 진행되지 않았고, 18.8 %에서는 연소가 계속 진행되었다. 본 연구에서 실험한 합지벽지의 산소지수농도는 연소된 것과 연소되지 않은 산소농도의 값을 평균하여 18.7 %로 산소지수농도의 값으로 결정하였다.

Photo 4는 합지벽지에 대한 산소농도 변화에 따른 화염이 진행되어 연소한 길이를 나타낸 것으로서, 산소농도 18.8 %에서는 완전 연소하였으며 18.6 %에서 약 9 mm의 탄화현상의 모습을 나타내고 있다.

Fig. 6은 산소농도에 따른 화염전파 길이를 나타낸 것으로, 산소농도 18.8 % 이상에서는 화염의 전파길이가 시료의 길이인 120 mm까지 완전히 연소하는 형태를 나타내었으며, 산소농도 18.6 %이하에서는 산소농도에 따라 미소한 증가는 있으나 큰 변화는 없었다.

Fig. 7은 산소농도의 증가에 따른 화염전파지속 시간을 나타낸 것으로, 산소지수농도 값의 미만에서는 산소농도가 증가 할수록 화염전파 지속시간이 증가 하였으나 실험의 연소판정 조건인 3분 이상을 만족하지 못하고 소멸되었으며,

산소지수농도 값의 이상에서는 시편이 완전 연소하였고, 산소농도가 증가할수록 완전 연소되기까지의 연소시간이 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 산소농도가 증가할수록 연소가 활발해져 화연의 전이속도가 용이하기 때문으로 사료된다.



Table 4. Result of oxygen index with Lamination wallpaper

산소농도(%)	연소길이(mm)	연소시간(sec)	연소 가능여부
18.0	7	7	×
18.2	8	9	×
18.4	10	9	×
18.6	15	14	×
18.8	120	133	○
19.0	120	108	○
20.0	120	98	○
21.0	120	84	○

○: Combustion

×: Incombustibility

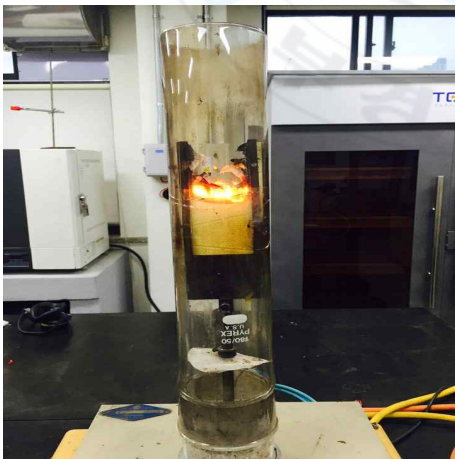


Photo 4. Combustion phenomena of Lamination wallpaper.

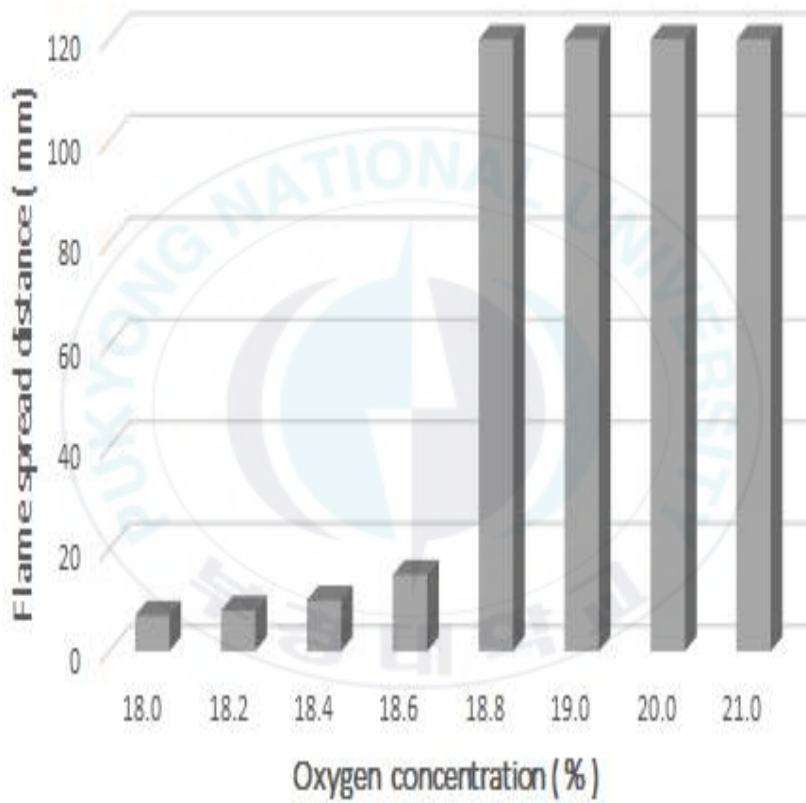


Fig. 6 Flame spread distance of Lamination wallpaper.

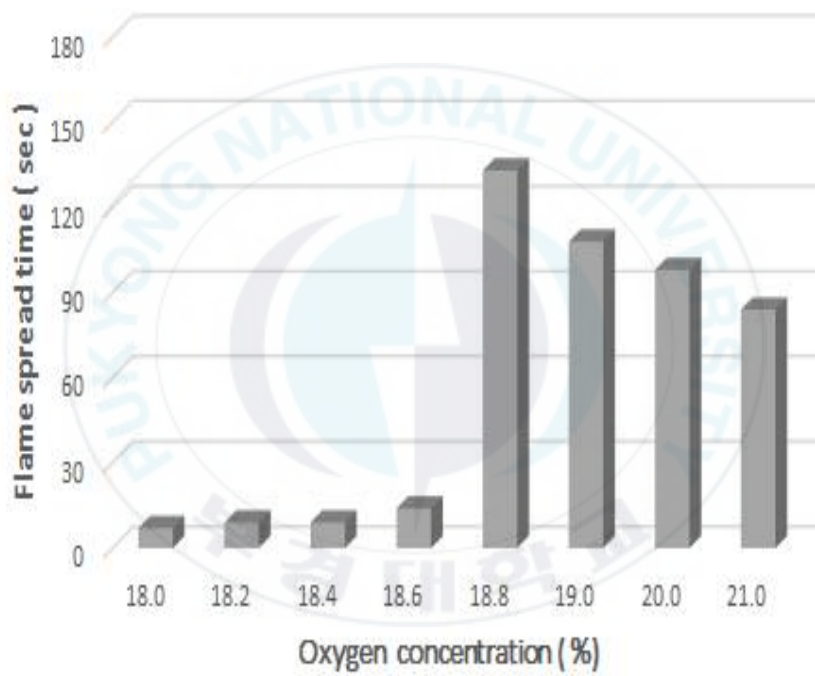


Fig. 7 Flame spread time of Lamination wallpaper.

5-4. 모노룸장판

Table 5는 모노룸장판의 산소지수 값에 대한 결과를 나타낸 것으로서 산소지수 농도에 대한 연소길이, 연소시간의 변화와 연소 가능여부에 대한 실험결과를 나타내었다. 먼저 산소농도 21.0 %에서 산소농도를 올리면서 산소지수 값을 측정된 결과 21.0 %, 22.0 %, 22.2 %, 22.4 %는 착화는 되었으나 연소가 계속 진행되지 않았고, 산소농도 22.6 %이상부터는 착화되어 연소가 진행되었다. 본 연구에서 실험한 모노룸장판의 산소지수농도는 연소된 것과 연소되지 않은 산소농도의 값을 평균하여 22.5 %로 산소지수농도 값으로 결정하였다.

Photo 5는 장판에 대한 산소농도 변화에 따른 화염이 진행되어 연소한 길이를 나타낸 것으로서, 산소농도 22.6 %에서 약 36 mm의 탄화현상의 모습을 나타내고 있다.

Fig. 8은 산소농도에 따른 화염전파 길이를 나타낸 것으로, 산소의 농도가 22.4 %에서는 약 5 mm가 연소하였으며, 22.6 %의 산소농도에서는 36 mm 연소한 형태를 나타내었다. 산소농도 22.4 %이하에서는 산소농도에 따라 미소한 연소현상은 있으나 큰 변화는 없었다.

Fig. 9는 산소농도의 증가에 따른 화염전파지속 시간을 나타낸 것으로, 산소농도 22.4 %이하에서는 화염이 40초 이내에 소멸되었고, 산소농도 22.6 % 이상에서는 시편이 3분 이상 연소 하였다. 이는 산소지수농도 값 이상의 산소농도에서 모노룸장판에 화염이 발생 시 지속적으로 연소 확대가 가능할 것으로 판단된다.

Table 5. Result of oxygen index with Monorium linoleum

산소농도(%)	연소길이(mm)	연소시간(sec)	연소 가능여부
21.0	3	16	×
22.0	3	26	×
22.2	4	31	×
22.4	5	38	×
22.6	36	180	○
22.8	40	180	○
23.0	46	180	○
24.0	52	180	○

○: Combustion

×: Incombustibility

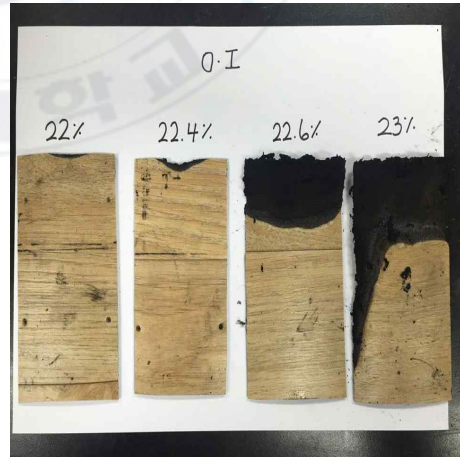


Photo 5. Combustion phenomena of Monorium linoleum.

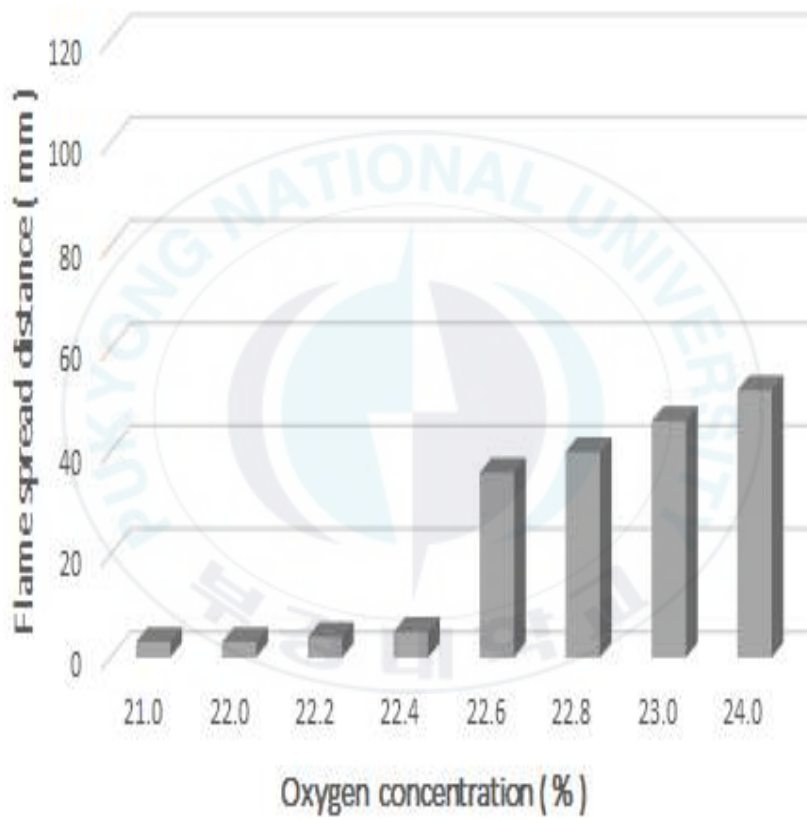


Fig. 8 Flame spread distance of Monorium linoleum.

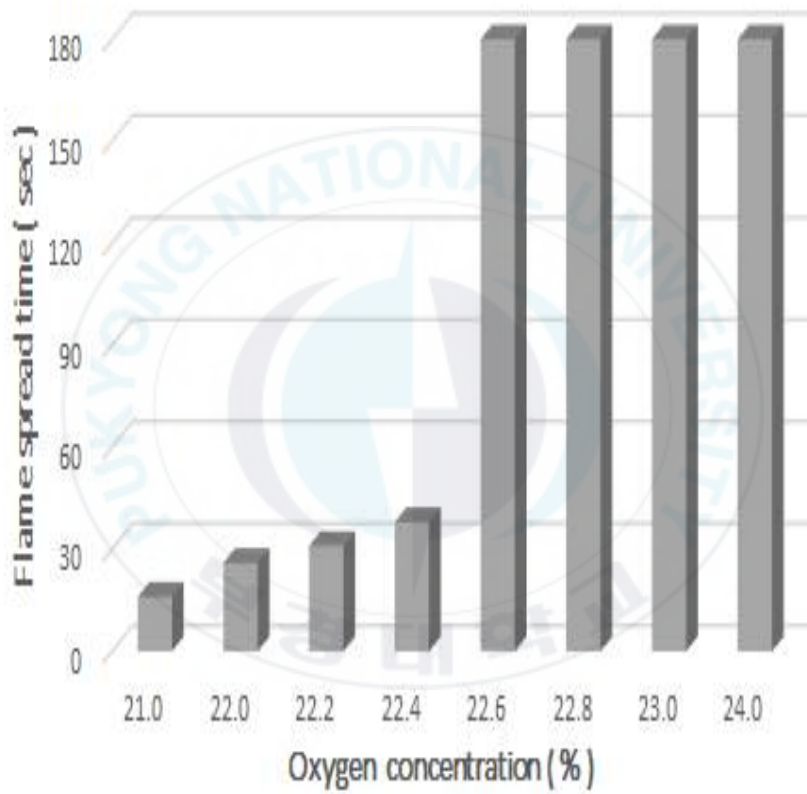


Fig. 9 Flame spread time of Monorium linoleum.

5-5. 온돌마루

Table 6은 온돌마루의 산소지수 값에 대한 결과를 나타낸 것으로서 산소지수 농도에 대한 연소길이, 연소시간의 변화와 연소 가능여부에 대한 실험결과를 나타내었다. 먼저 산소농도 21.0 %에서 산소농도를 올리면서 산소지수 값을 측정된 결과 산소농도 21.0 %에서 26.0 %까지는 약간의 연소흔만 있어 제외하였으며, 산소농도 27.0 %에서 29.2 %까지는 착화는 되었으나 계속 연소하지 않았고, 29.4 %이상부터는 착화되어 연소가 진행되었다. 본 연구에서 실험한 온돌마루의 산소지수농도는 연소된 것과 연소되지 않은 산소농도의 값을 평균하여 29.3 %로 산소지수농도의 값으로 정하였다.

Photo 6은 온돌마루에 대한 산소농도 변화에 따른 화염이 진행되어 연소한 길이를 나타낸 것으로서, 산소농도 29.4 %에서 약 21 mm의 탄화현상의 모습을 나타내고 있다.

Fig. 10은 산소농도에 따른 화염전파 길이를 나타낸 것으로, 산소의 농도가 29.2 %에서는 약 13 mm가 연소하였으며, 29.4 %의 산소농도에서는 21 mm 연소하는 형태를 나타내었다. 산소농도 29.2 %이하에서는 산소농도에 따라서 미소한 증가는 있으나 큰 변화는 없었다.

Fig. 11은 산소농도의 증가에 따른 화염전파지속 시간을 나타낸 것으로, 산소농도 29.2 %이하에서는 화염이 2분35초 이내에 소멸되었고, 산소농도 29.4 % 이상에서는 시편이 3분 이상 연소하였다. 이는 29.4 %의 산소농도에서는 온돌마루에 화염이 발생 시 지속적으로 연소 확대가 가능할 것으로 판단된다.

Table 6. Result of oxygen index with Ondol floor

산소농도(%)	연소길이(mm)	연소시간(sec)	연소 가능여부
27.0	7	41	×
28.0	9	110	×
29.0	13	127	×
29.2	13	135	×
29.4	21	180	○
29.6	41	180	○
29.8	45	180	○
30.0	51	180	○

○: Combustion

×: Incombustibility

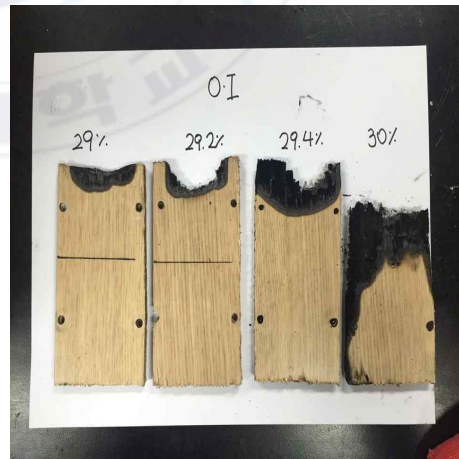


Photo 6. Combustion phenomena of Ondol floor.

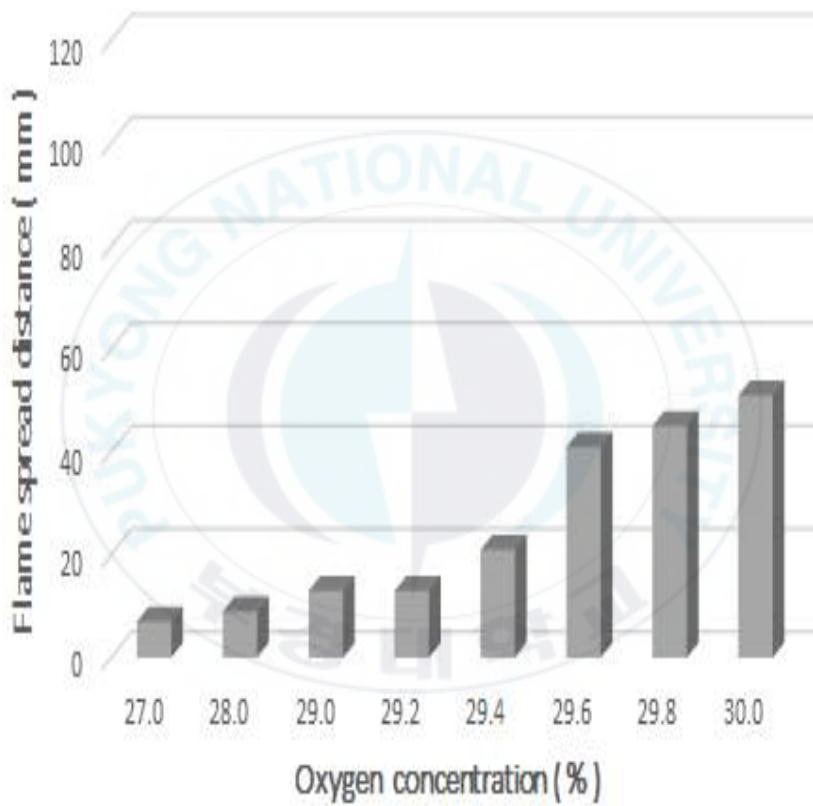


Fig. 10 Flame spread distance of Ondol floor.

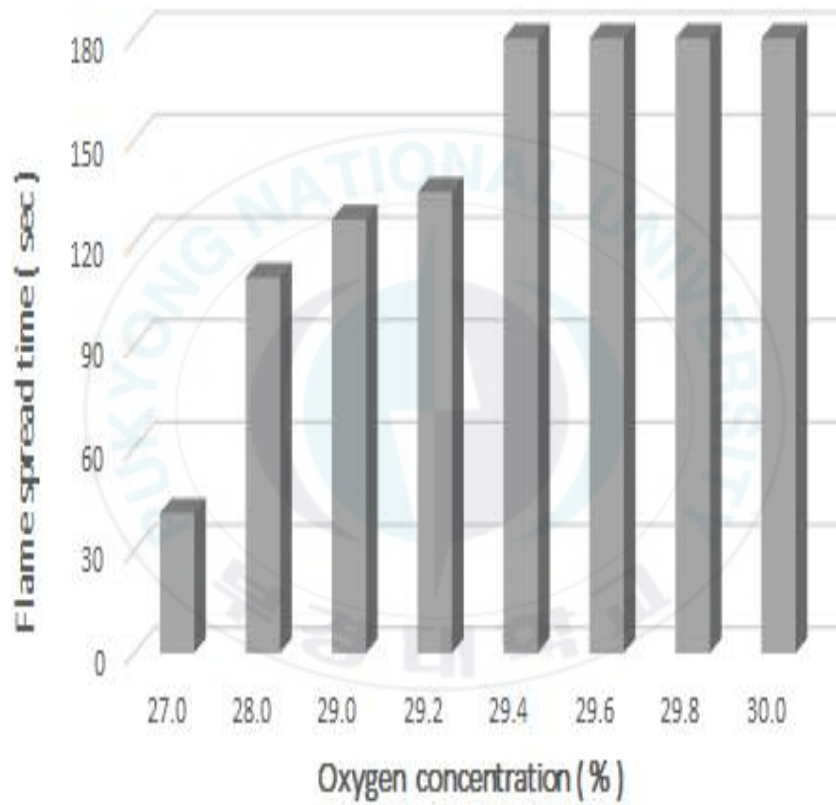


Fig. 11 Flame spread time of Ondol floor.

5-6. 강화마루

Table 7은 강화마루의 산소지수 값에 대한 결과를 나타낸 것으로서 산소지수 농도에 대한 연소길이, 연소시간의 변화와 연소 가능여부에 대한 실험결과를 나타내었다. 먼저 산소농도 21.0 %에서 산소농도를 올리면서 산소지수 값을 검토한 결과 산소농도 21.0 %에서 29.0 %까지는 착화시 점화원과 접촉된 부위만 약간의 연소흔만 있을 뿐 연소의 현상이 전혀 일어나지 않아 제외 하였으며, 30.0 %부터 나타난 연소흔에 대한 결과를 나타내었다. 산소농도 30.0 %에서 32.2 %까지는 착화는 되었으나 계속 연소 하지 않았으며, 32.4 %이상 부터는 착화되어 연소가 진행되었다. 본 연구에서 실험한 강화마루의 산소지수농도는 연소된 것과 연소되지 않은 산소농도의 값을 평균하여 32.3 %로 산소지수농도의 값으로 정하였다.

Photo 7은 강화마루의 산소농도 변화에 따른 화염이 진행되어 연소한 길이를 나타낸 것으로서, 산소농도 32.4 %에서 약 10 mm의 탄화현상의 모습을 나타내고 있다.

Fig. 12는 산소농도에 따른 화염전파 길이를 나타낸 것으로, 산소농도가 32.2 %에서는 약 7.0 mm가 연소하였으며, 32.4 %의 산소농도에서는 10 mm 연소하는 형태를 나타내었다. 산소농도 32.2 %이하에서는 산소농도에 따라서 미소한 증가가 있으나 큰 변화는 없었다.

Fig. 13은 산소농도의 증가에 따른 화염전파지속 시간을 나타낸 것으로, 산소농도 32.2 %이하에서는 화염이 2분40초 이내에 소멸 되었고, 산소농도 33.4

% 이상에서는 시편이 3분 이상 연소 하였다. 이는 산소지수농도 값의 산소농도에서는 강화마루에 화염이 발생 시 지속적으로 연소 확대가 가능할 것으로 판단된다.



Table 7. Result of oxygen index with Laminate floor

산소농도(%)	연소길이(mm)	연소시간(sec)	연소 가능여부
30.0	3	62	×
31.0	4	94	×
32.0	6	130	×
32.2	7	160	×
32.4	10	180	○
32.6	15	180	○
32.8	19	180	○
33.0	22	180	○

○: Combustion

×: Incombustibility



Photo 7. Combustion phenomena of Laminate floor.

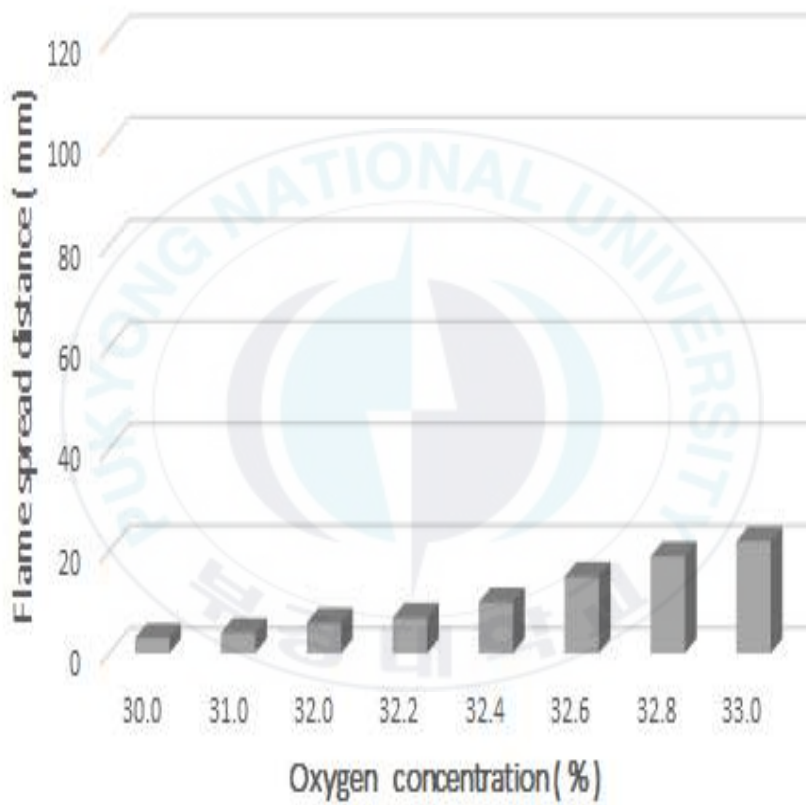


Fig. 12 Flame spread distance of Laminate floor.

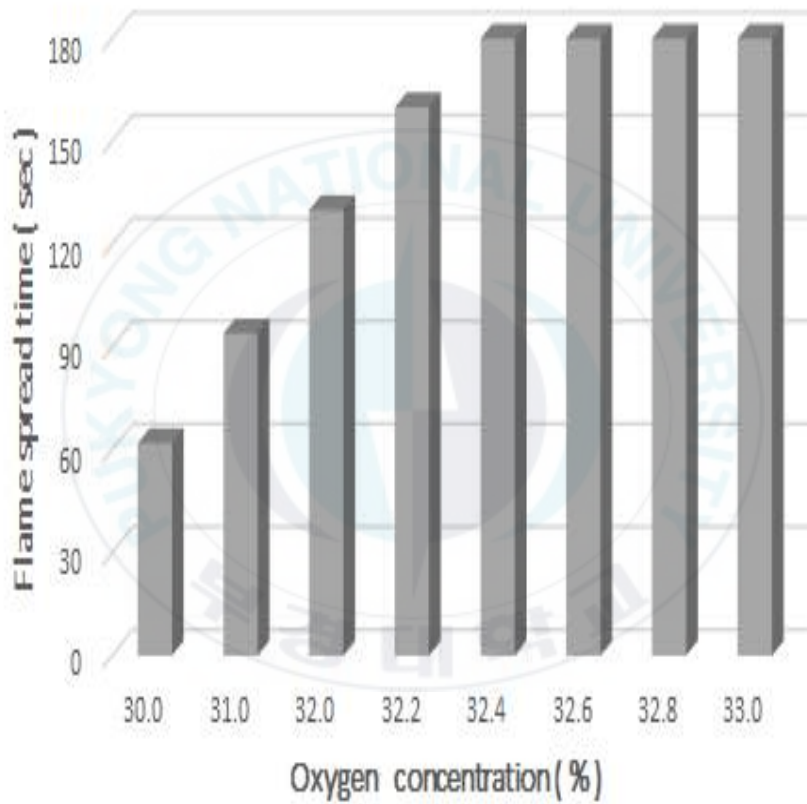


Fig. 13 Flame spread time of Laminate floor.

6. 결 론

산업사회의 발달과 더불어 실내 내장재가 다양화되면서 안전성보다는 디자인 및 경제성 측면에 비중을 두고 있어 화재 발생 시 연소가 쉽고 유독성 가스가 발생됨으로 인하여 인명피해 및 재산피해가 발생된다. 따라서 본 연구에서는 실내 내장재로 많이 사용되고 있는 벽지와 바닥재의 연소특성을 파악하기 위하여 산소지수 시험기를 이용하여 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 산소지수농도를 측정한 결과 벽지의 경우, 한지벽지 16.9 %, 실크벽지 18.7 %, 합지벽지 18.7 %로 나타났다.

2) 바닥재의 경우, 모노륨장판 22.5 %, 온돌마루 29.3 %, 강화마루 32.3 %로 강화마루의 산소지수농도 값이 가장 높게 나타났다.

3) 난연성 결과를 살펴보면 강화마루의 산소지수농도 값이 가장 높게 측정되었으며, 한지벽지가 가장 낮게 측정되었다.

4) 대기 중에서 산소농도 21.0 %를 고려할 때, 벽지류는 쉽게 연소가 진행되

었으나, 바닥재는 모두 21.0 %이상에서 연소되어 초기 화재 시에는 연소의 확대가 어려운 것으로 나타났다.

5) 벽지류는 산소지수농도가 낮아 연소확대 방지를 위하여 난연성 물질을 첨가하여 제조하는 것이 필요하다.



참고문헌

- 1) A. P. Mouritz, Z. Mathys and A. G. Gibson, "Heat Release of Polymer Composites in Fire", Composites Part a: Appl. Sci. Manufact. Vol. 37, pp. 1040-1054, 2006.
- 2) H. Demir, D. Balkose and S. Ulku, "Influence of Surface Modification of Filers and Polymer on Flammability and Tensile Behavior of Polypropylene Compsites". Polym. Degrad. Stabil., Vol. 91, pp. 1079-1085, 2006.
- 3) 국민안전처, "2015년 통계연보"
- 4) 국민안전처, "2015년 화재현황 통계"
- 5) 김현주, "건축내장재의 연소특성에 관한연구", 강원대학교 방재기술전문대학원 석사학위논문, pp. 1-6, 2007.
- 6) 김해립, 김영탁, 박영주, 이해평, "내장벽지의 연소특성에 관한 연구", 한국화재소방학회 춘계학술대회 논문집, pp. 520-525, 2009.
- 7) 김해립, 김영탁, 박영주, 이해평, "목질바닥재의 착화특성에 관한 연구", 한국화재소방학회 추계학술대회 논문집, pp. 397-402, 2008.
- 8) 김원주, "공간구조물의 불연성 판넬 제조에 관한 연구", 부경대학교 대학원 공학석사 학위논문, pp. 1-2, 2008.
- 9) 류경동, "친환경적 소재를 이용한 불연성 판넬의 개발에 관한 연구", 부경대학교 대학원 공학석사 학위논문, pp. 1-2, 2012.
- 10) 박영주, 이해평, 김현주, "바닥내장재의 연소특성 분석에 관한 연구", 한국방재학회 논문집, Vol. 10, No. 3, pp. 77-83, 2010.

- 11) KS M ISO 4589-2, “산소지수에 의한 연소거동의 측정, 제2부:상온시험법”, 2011.
- 12) JIS K 7021, “酸素指數法による高分子材料の燃焼試験方法”, 1995.
- 13)睦演洙, 崔載旭, 全成均, “化學安全工學實驗”, 세종출판사, pp. 149-150, 1997.
- 14) 김해림, “주거용 실내 내장재의 연소특성에 관한 연구”, 강원대학교 방재전문대학원 공학석사학위논문, p. 3, 2011.
- 15) 배정애, “실내 내장재의 산소지수 비교연구”, 서울산업대학교 에너지환경대학원 공학석사학위논문, p. 14, 2010.
- 16) 박승우, 기획창, 이승현, 황성하, 백정현, 김후성, “친환경 실내마감재 디자인 개발 연구”, 디지털디자인학연구 Vol. 13, No. 1, pp. 533-541, 2013
- 17) 오규형, 이성은, 김항진, “실내 내장 벽지의 고온산소지수에 대한 연구”, 한국화재소방학회 논문지, Vol. 22, No. 2, pp. 57-62, 2008.
- 18) 오도엽, 이경돈, 이도희, “실내건축재료”, 도서출판 지음, p .70, 2006.
- 19) ASTM D-2863, “Standard Test Method for Measuring the Minimum Oxygen Concentration to Support Candle-like Combustion of Plastics”, 1991.

A Study on the Oxygen Index Concentration for Residential Interior Materials

Jin-Kyeong Park

*Dept. of Fire Protection Engineering, Graduate School,
Pukyong National University.*

Abstract

Interior material has become diverse with the development of industrial society. However, since it has been focused on design and economic feasibility than security, it easily burns and occurs toxic gas which causes the damage for humans and of property in case of fire.

Therefore, this research used oxygen index for figuring out combustion nature of wallpaper and flooring material which are being widely used as interior material. The result is as below.

1) As measurement result of oxygen index concentration in case of wallpaper, each wallpaper showed as follows hanji wallpaper 16.9 %, silk wallpaper 18.7 % and joint wallpaper 18.7 %.

2) In case of flooring material, the concentration degree of oxygen index was the highest as follows monorium linoleum 22.5 %, ondol floor 29.3 % and laminated floor 32.3 %

3) In terms of the result of flame-resistance, the oxygen index of laminated floor was estimated as the highest and hinji wallpaper was the lowest.

4) Considering 21.0 % of oxygen concentration in the air, wallpaper types was easily burn however, all of the flooring material was burn from above 21.0 %. It shows that flooring material resists the expansion of combustion in a fire.

5) Since wallpaper type contains low oxygen index concentration, it is needed to be produced with adding flame-resistance materials for preventing fire expansion.

감사의 글

논문이 완성되기까지 부족한 저를 이끌어주시고 세심한 지도로 논문을 끝맺음 할 수 있게 도움을 주신 최재욱 지도교수님께 깊은 감사를 드립니다.

그리고 논문 심사에서 마지막 수정까지 부족한 점을 세심하게 지적해 주시고 조언을 해주신 최준호 교수님, 이치영 교수님께 감사를 드리며, 학문의 부족함을 가르침으로 베풀어 주신 구민성 교수님께 감사의 뜻을 전합니다.

또한 부족한 저의 논문의 완성을 위해 따끔한 충고, 조언과 함께 용기를 북돋아 주신 김정훈 형님께 감사의 마음을 전합니다. 또한 실험식 막내라 힘들었음에도 불구하고 불평불만 내색 한번 하지 않고 항상 웃으며 잘 따라준 최유정에게 감사의 마음을 전합니다.

많은 시간을 함께 하며 도움을 준 소방화학 및 화재폭발 실험실의 예찬해, 윤종욱, 최미진, 이지영, 배도현, 김범기, 김해규, 허석영, 김시윤에게 감사의 마음을 전합니다.

항상 옆에서 힘이 되고 응원해준 나의 벗 두영, 철웅, 동빈, 창민, 세훈, 에게 앞으로 더 좋은 일이 있기를 응원하며 감사의 뜻을 전합니다.

마지막으로 긴 시간 동안 저를 믿고 응원해주시고 더 좋은 길로 나아 갈수 있게 많은 충고를 해주신 아버지, 어머니, 항상 오빠를 생각해주는 착한 동생과 함께 이 기쁨을 함께 나누고 싶으며 진심 어린 감사의 마음을 전합니다.