

불꽃놀이의 환경오염 측면에 관한 연구

안명석¹⁾, 이진호²⁾, 신창용^{2)*}

A Study on Environmental Pollution Issues in Fireworks Display

Myung-seog Ahn, Jin-ho Lee and Chang-young Shin

Abstract Fireworks display is called as younwha in Korean, pokjuk in Chinese, hanabi in Japanese and fireworks display in English. Fireworks is a kind of art calling as engineering art program that presents its artistic sense by making up light, sound, heat, form, smoke, smoke screen, time delay and kinetic energy etc. which are made by combustion and deflagrations of explosives. Korea's fireworks skill is world class. In 1980s, we already developed the skills. After 2010 year, it would develop as Nano-biotechnology considering its environmental safety passing by 1990s' grow fully step. After pleasant fireworks, it requires an environmental pollution control measure, ability of emergency state control, management of storing place, a blind shell and waste disposal and citizenship elevation etc. This paper indicated around fireworks the present conditions, environmental pollution buzz, direction of development and plan.

Key words Fireworks display, Engineering art, Environmental pollution control, Waste disposal

초 록 불꽃놀이는 한국명 연화(煙火), 중국명 폭죽(爆竹), 일본명 하나비(花火), 영어명 파이어웍스 디스플레이(Fireworks display)로 표기되며 화약류를 연소·폭발시켜서 빛, 소리, 열, 형태, 연기, 연막, 시간지연, 운동에너지 등을 조합하여 예술적인 감각을 연출시키는 공학으로써 공예술학으로 불리는 일종의 예술행위이다. 우리나라의 연화기술은 세계적으로 인정 받고 있다. 1980년대에 개발이 완료되었고, 1990년대에 완숙단계를 거쳐 향후 2010년 이후에는 환경안전을 고려한 최첨단 나노·생명공학으로 발전하여야 할 것이다. 본 논문은 2008년 부산불꽃축제를 중심으로 현황 및 발전방향과 개선안을 제시 하였으며 즐거운 불꽃축제 후의 환경 오염정도 조사와 대책마련, 저장소관리, 불발탄 및 폐기물처리, 시민의식의 향상 등 개선이 요망된다.

핵심어 불꽃놀이, 공예술학, 환경오염관리, 폐기물처리

1. 서론

화약류를 연소·폭발시켜서 빛, 소리, 열, 형태, 연기, 연막, 시간지연, 운동에너지 등을 조합하여 예술적인 감각을 연출시키는 불꽃축제는 공예술학으로 불리우며 일종의 예술작품이다(허와 안, 1987; 안명석, 1988). 연화와 발사약에 내포된 중금속 물질과 잔재물, 불발탄

등은 불꽃의 화려함 속에서 환경을 오염시키는 부정적 측면이 있으며, 이에 대한 대책마련이 필요한 시점이다(한계례, 2006).

2. 불꽃놀이의 기원

불꽃놀이(연화) 기술은 고대로부터 현대에 이르기까지 국력의 상징이었다. 이러한 화려하기만한 불꽃놀이에도 그늘이 있다. 천지를 뒤흔드는 광음, 번쩍이는 불꽃, 매캐한 화약냄새, 야만적 폭력성으로 주변에서 식하는 듯 생명의 안녕을 위협하고 대기 및 수질(해양)오염의 혐의도 받고 있다. 또한 연화와 발사약에 내포된 납, 크롬, 바륨, 다이옥신 등 독성물질과 잔

¹⁾ 동서대학교 응용/건설공학부 교수

²⁾ 동서대학교 디자인학부 교수

³⁾ 동서대학교 건설공학부

* 교신저자 : amspeoff@chol.com

접수일 : 2008년 12월 2일

게재 승인일 : 2008년 12월 16일

재물, 불발탄 등이 불꽃의 화려함 뒤에 숨어 생명을 위협하고 환경을 오염시키는 등 부정적 측면도 있다.

우리나라는 고려시대에 최무선에 의해 중국으로부터 화약제조법을 전수받았으며, 조선시대 세종대왕 때 크게 발전하였으며(한동훈 외, 2007), 임진왜란때 경상도 좌병사 박진에게 투항한 일본 큐수지방 출신 항왜 김충선에 의해 조총과 화약 제조법 및 총포술을 조선군에게 전수하였다(국제신문, 2008). 이때 조선군이 사용했던 비경진천뢰는 시한폭탄 같은 무기로서 오늘날의 연화와 아주 흡사한 모양과 기능을 갖추었다.

이후 한국화학(주)에서 1977~1987년 사이 꾸준한 연구개발로 순수한 한국인의 기술로써 완구연화, 타상연화, 장치연화, 특수효과연화(꽃불) 개발이 완료되었으며, 그 이후 1988 서울올림픽 등 20여년간 대형 행사를 치름으로써 완숙되었다.

불꽃놀이(축제)는 한국명 ‘연화’(煙火), 중국명 ‘폭죽’(爆竹), 일본명 ‘하나비’(花火), 영어명 ‘파이어웍스 디스플레이’(Fireworks display)로 표기되며 Fig. 1 과 같이 산화제와 연료를 혼합한 산화·환원 반응원리가 기본이론이며 이렇게 혼합된 화약류를 기폭·점화, 연소·폭발시켜서 빛, 소리, 열, 형태, 연기, 연막, 시간지연, 운동에너지 등을 조합하여 예술적인 감각을 연출시키는 공학으로써 공예술학으로 불리는 일종의 예술작품이다(안명석, 1988; 안명석, 1993; 김희창 외, 2000).

3. 환경오염 측면의 검토

3.1 중금속 오염

중금속(重金屬, heavy metal)이란?

생체에 유해하므로 미량일지라도 주의해야 하는 금속물은 비소·안티몬·납·수은·카드뮴·크롬·주석·아연·바륨·비스무트·니켈·코발트·망간·바나듐·셀렌 등이 있으며, 음식물·음료수·공기 등에 대해서는 대부분 함량 기준이 마련되어 있다. 안전 및 건강측면으로도 특히 주의가 필요하며, 공해병의 원인이 되는 경우도 있다. 제조업에서는 이미 메틸수은 화합물이 미나마 타병을 일으킨다는 것이 분명해져서 공장에서 배출이 엄격히 금지되어 있다.

중금속의 정의

비중 4미만인 금속을 경금속 이라고 하며 리튬(0.53), 마그네슘(1.74), 알루미늄(2.7)등이 있고, 비중이 4이상인 금속을 중금속이라고 하며 철(7.9), 납(11.3), 수은(13.6), 금(19.3)등이 이에 속한다.

연화원료중의 금속성분

불꽃놀이의 여러 가지 색깔은 야간용인 경우 금속 불꽃반응의 원리를 이용한다. Table 1에 불꽃반응에 의한 금속의 색깔을 나타내었다(안명석, 2007; CPCO, 1972; 청수무부, 소화36).

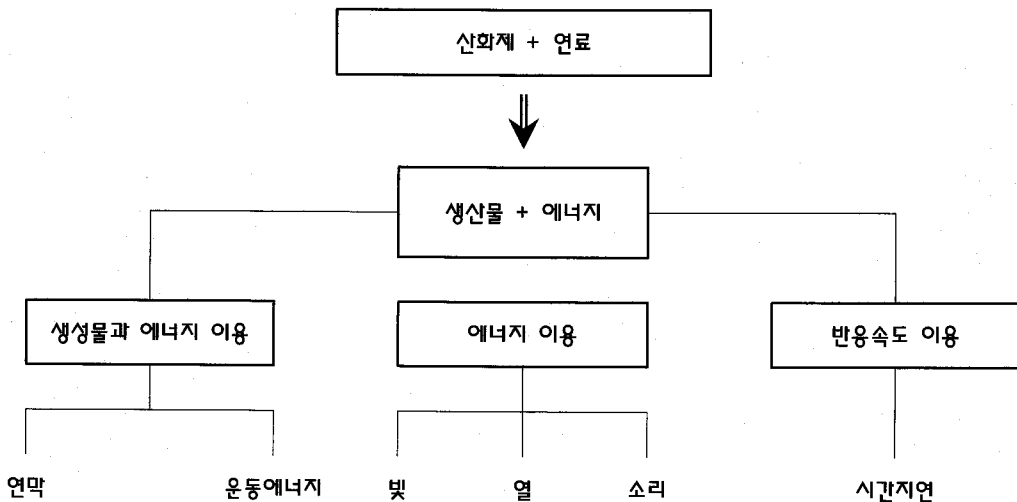


Fig. 1. Principles of Fireworks display Manufacture.

Table 1. Element name and Fire Reaction

원소명	불꽃색	원소명	불꽃색
Al	은백색	Cu	청록색
Na	노란색	Sr	빨간색
K	보라색	Cs	푸른색
Ca	주황색	Ba	황록색
Mg	순백색	Li	노란색



Fig. 2. Climax point of Busan Fireworks display (2008.10.18).

상기표에서와 같이 불꽃놀이에서 사용되는 연화의 원료 중에서 금속성분은 10여가지로 추정되지만 실제 문제가 되는 중금속은 최소 2가지에서 최대 8가지로 예상(추정)된다. 이중 중금속오염을 일으킬 수 있는 정도의 높은 농도의 배출여부는 정확한 자료 제공 및 연구가 더 진행되어야 밝혀질 것으로 생각되며, 이에 대한 제반 문제 파악과 대책 마련이 매우 시급하다. 야간 불꽃축제의 하이라이트 장면을 Fig. 2에 나타내었다.

대부분 수작업에 의존하며 생산에는 많은 시간과 노력이 소요된다. 대체로 일본제품의 경우 품질정도가 높으며 상당히 고가이고, 중국제품의 경우 품질의 정도가 다양하나 대체로 한국에 수입되는 제품은 품질이 매우 낮아서 주의를 요한다. 구성성분은 대부분이 성형화약, 활약, 종이성분의 옥피, 지연용 도화선, 발사 추진약으로 이루어져 있으며, 연소 후 잔재물을 남기는 불연성 재질 오염원은 Table 2와 같다(유와 강, 2007).

3.2 폐기물 및 소음진동 오염원

폐기물의 종류와 오염원

불꽃놀이의 70% 이상을 차지하는 타상연화의 경우

폭파 충격소음·진동원 등에 대한 개선방안 제안

불꽃축제 후 중금속오염, 불발탄 처리, 폐기물 오염

Table 2. Kind and Character of Non flammability Material

불연성 재질의 종류	특 성
옥피, 지관 등 종이성분	가장 많은 비율을 차지하며 내수성이 약하고, 발사 후 찌꺼기, 장기 분해성 폐기물이 된다.
강철판 등 철물류	강도면에서는 우수하지만 작업성이 나쁘고, 대형 타상연화에 사용되고 연소후 난분해성 폐기물이 된다.
섬유강화 에폭시 수지	가볍고 강도와 내수성은 우수하지만 가격이 비싸고 연소 후 난분해성 폐기물이 된다.
고밀도 폴리에틸렌 수지	강도와 내수성은 우수하지만 가격이 비싸고, 연소 후 난분해성 폐기물이 된다.

과 함께 연화발사 중의 폭파 충격소음진동과 유해섬광(광선, 빛)은 대단위 일수록 먼 지역까지 영향을 미친다고 하였다(이영대 외 2000). 제보된 내용 중 행사 당일 폭파 충격소음에 놀란 노인층의 심장질환 발생 빈도가 높아져서 119의 구조 요청건수가 30%이상 많았다고 하며, 먼지역에서의 관람자 중에도 폭음으로 인한 충격으로 이명현상과 안구손상으로 병원 등을 찾는 환자의 수가 평소의 30~50%정도 증가하였다고 한다. 강력한 폭음의 원인은 대부분 대형연화와 다량의 연화가 주범이다. 행사준비는 일주일 이상 계속적으로 작업하여 발사당일 하루에 전량을 사용(발사)하는 방식을 취하고 있는데 이는 총포, 도검, 화약류 등 단속법 규정에 의하면 당일 작업 분은 반드시 당일 한 발사하고 잔량은 당일 반납이 가능한 인근 화약류 저장소로 반납하여야 한다. 대형연화를 사용 시에는 필히 사전에 등록된 전문기관, 연구소, 대학 등 연화에 관한 전문기관에 의한 안전진단을 실시하여 사용 여부를 객관적으로 관리해야 한다(양형식 외 2007). 이는 광안대교를 부산시민이 오랜기간 안전하게 유지 관리하는 방안이면서, 부산시민이 불꽃축제를 계속적으로 즐길 수 있는 방안이기 때문이다. 25인치 대통령 불꽃은 크기에서는 장관이지만 발사시 강력한 충격 소음진동과 개화시 높은 상공에서의 강력한 충격 소음진동 발생원인을 고려할 때 노약자 계층의 건강 및 안전을 위해 사용을 자제하여야 한다. 특히 부산불꽃축제의 경우 인근 광안대교에 대한 폭발충격 전후의 사전, 사후 정밀 안전진단 및 검사는 필수적이라고 생각된다.

3.3 영상·색채오염의 검토

불꽃놀이의 근접 관람자 및 원거리 관람자에게까지 소음·진동 공해뿐 아니라 강력한 빛으로 인해 안구피로 및 충열, 청각이상 등으로 병원을 찾은 사람이 상

당수 있다는 시민들과 의사들의 제보가 있었다. 이에 영상 색채오염 가능성을 조사해 본 결과 다음과 같은 것을 유추해 본다. 불꽃놀이에 가장 많이 사용하는 색채로는 붉은색 계열이라고 할수 있다.

붉은색은 주위로부터 자신을 구별해내는 색이다. 이 색은 권력의 상징이었고, 혁명의 기운이 표출된 것이다(권영걸 외, 2004).

즉, “붉은색은 권력의 기호”이다.

프로이드에 의하면 일상생활의 모든 저변에 에로스가 깔려있으며, 사람들이 다양한 에로틱에너지를 받았을때 공간은 에로틱해지며, 에로틱화 한다. 에로티시즘에 근거한 분위기는 인간 관계의 형식을 유지 발전시키고자 하는 필요에 의해 형성되었을때 중요한 사회적인 의미를 지니며 색채는 주요한 자리를 점하게 된다. 에로틱에너지와 분위기의 상관도를 Fig. 3.에 나타내었다.

또한 에로티시즘에 근거한 분위기와 색채적용 방향은 Table 3와 같이 정리할 수 있다.

불꽃놀이를 통하여 우리에게 전달되는 색채는 빛의 3원 색인 Red, Green, Blue를 통하여 우리에게 전달되며 그 때 보이는 색은 빛으로 전달되어 진다. 색의 심리는 빛의 심리이다. 빛은 생명의 탄생을 의미한다.

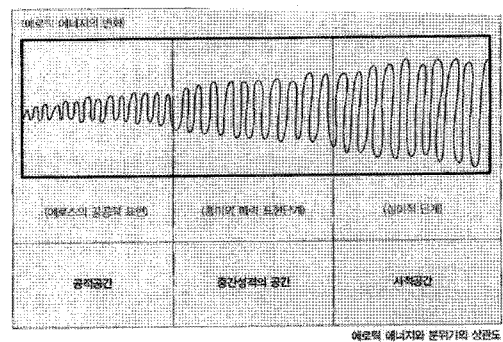


Fig. 3. Correlation graphic of Elotic energy and atmosphere.

Table 3. Direction of application in atmosphere type Color

공간유형	공적공간	공사적 공간	사적 공간
에로티시즘 단계	낭만적 단계 (에로스의 공공적 표현)	유혹적 단계 (흥미와 매력 표현)	심미적 단계 (심미적 표현)
전체분위기	안온·낭만적	돈환·매혹적	감성적
색조대입	부드러운 색조대비	강하고, 농도 깊은 색조 대비	부드럽고, 깊은 색조 대비

그 빛은 바로 인간 심리의 근원일 것이다. 과일과 채소의 색깔 6분류에서는 빨간색은 항암효과, 주황색은 혈액순환, 노란색은 콜레스테롤 저하, 초록색은 폐와 간의 건강, 흰색은 면역력 강화, 검정색은 노화방지에 좋은 것으로 연구되어 있다. 최근에는 공공디자인 사업을 통하여 산동네 주택가에도 무지개색의 계단단정, 벽화그리기 등 색채를 이용한 인간감성 안정화 및 개선 등에 많은 노력을 기울이고 있다. 이러한 색채와 인간감성에 대한 많은 연구가 있으나 불꽃놀이에서 매우 중요한 색과 소리 등에 대한 연구는 거의 없는 형편이다. 불꽃축제에서 소리와 빛, 색은 매우 중요한 요소이므로 중앙 및 지자체 단위로 산별적으로 실시하고 있는 불꽃축제를 국제수준으로 끌어올리기 위해서는 공학 뿐만 아니라 영상·색채·기획·디자인 전문가의 참여로 더욱 전문화된 일류 축제로 발전하여야 할 것이다. 실례를 들면 디자인 분야 자문회의에서 혁명적이고 반항적이며 감성적 들뜬 분위기를 조금 낮추기 위하여 붉은색 불꽃의 과다 사용을 지적하고 사용량을 줄임으로써 사고 감소, 무질서 분위기가 다소 줄어들었다고 한다.

3.4 추정 오염원에 대한 검토

대표 중금속과 해수의 추정 개략총량 계산

여러나라의 연화의 제조방법과 사용수량 등이 정확히 공개 되지 않았으나, 알려진 문헌 및 일반 이론과 경험에 의한 추정 중금속의 계산량은 다음과 같다.

- 연화의 사용수량: 제4회 부산불꽃축제에서 이들 동안 사용된 각 나라의 각종 불꽃 제품 중 타상연화 8651발(3~25인치 야간용 타상연화) 중 최다사용 규격(3110발 사용)인 5인치 제품의 경우 옥의 무게는 0.6Kg이며 총무게는 1.2kg으로 계산하였음.
- 금속성분: 적색 SrCO_3 7%, 청색 CuO 18%, 녹색 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 35%, 은색 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$
- 해수의 양: 평균 길이(계산폭)4km, 수심평균 7m, 해수욕장간 평균거리 3km, 총해수의 양은 약 8400 만 m^3 으로 추정됨

대표적인 중금속의 추정오염 정도예측

불꽃축제 완료 후 광안대교 앞 바다에 떨어진 연소 후 잔재물과 중금속이 완전히 용해, 확산, 분산된 것

으로 가정 할때 주요 중금속인 Cu의 성분은 0.0001~0.007ppm, As의 성분은 0.002ppm 전후로 추정된다.

4. 관련법규의 검토

4.1 총포·도검·화약류 등 단속법의 개괄적 검토

우리나라의 경우 모든 화약류를 취급함에 있어서 “총포·도검·화약류 등 단속법”의 규정을 준수하여야 한다. 불꽃놀이(축제)의 경우도 마찬가지로 관할 경찰서장의 허가를 득하여야 한다. 그리고 과거에 법 제정 이후 최근에 급속히 우리사회의 환경변화가 있었으므로 사용(발사)허가 절차, 1회 사용량, 운반절차, 저장고 혹은 일시 저장소 운영규칙, 폐기물 및 폐약 처리법 등 현실에 맞는 법 개정이 있어야 할 것이다.

4.2 개선방향

대다수의 불꽃축제는 사용기간과 시간은 매우 짧은 편이지만, 준비시간은 매우 많이 필요하므로 인력과 장비의 동원이 단시간에 집중되어 소비되는 특징이 있다. 불꽃축제는 총포, 도검, 화약류 등 단속법을 최우선적으로 준수하여야 한다. 그리고 이로 인한 화재 예방(소방법)과 시민건강 및 시설관리(환경법)가 고려되어야 한다. 부산 불꽃축제는 대형화와 다량화에 역량을 집중화 하다 보니 화약법, 소방법, 환경법 모두 현행 법의 테두리를 이탈할 수밖에 없는 실정이다. 총포, 도검, 화약류 등 단속법의 일일 사용한다 초과, 다량으로 인한 화재무방비, 대형으로 인한 소음진동 공해 등 문제점이 점진적으로 표면화되고 있는 실정이다. 이후로는 축제의 즐거움을 한 차원 고조시키기 위해서라도 제반 법규의 허용범위 안에서 시행하여야 할 것이다.

기존에 적용해온 총포·도검·화약류 등 단속법은 타 법률에 비해 우선권이 있는 특별법이다. 그러므로 소방법, 환경법, 위험물법, 안전관련법에 우선하고 있다. 그러나 꽃발류(연화)의 특성상 총포(사냥)·화약류(발파)의 취급과는 다른점이 많으므로 분리 적용함이 타당할것이지만 법률 분리가 쉽지 않으므로 다량 다종류를 단시간에 처리해야 하는 불꽃축제(연화)의 특성상 저장소설치 및 운영, 운반 및 일시 처치방법, 종사자 운영방법, 안전교육 등에 대한 현실에 맞는 법률의 재개정이 필요하다. 또한 행사시 안전수칙과 작업지

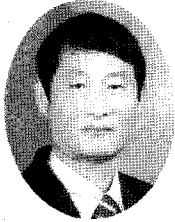
침 등을 공인된 학회, 대학 등에 의뢰하여 안전사고 및 대형 재난방지를 위한 대책을 마련해야 할 것이다.

5. 결론

- 1) 연화제조 기술과 응용기술은 음향·조명·디자인·영상·색채학 등의 영상디자인학을 공학과 조합한 공예술학이다. 이러한 감성적 효과를 더 높이는 조화롭고 성숙된 미래지향적인 학문간 교류와 발전을 위해서는 환경오염과 생활안전을 우선 고려한 최첨단 나노·생명·영상·디자인 전문가들이 함께 참여한 종합 공예술학으로 발전되어야 하며, 학문적으로 아직 증명되지 않은 중금속오염, 불발탄 및 폐기물의 합리적인 처리방안, 관련법규의 보완, 폭발충격 소음진동과 강렬한 유해광선에 대한 시민 건강 보호 및 인근 시설물의 안전대책에 대한 사전 사후의 종합적인 검토와 조사·실험이 필요한 시점이다.
- 2) 우리나라에서는 현재 불꽃축제에 사용되고 있는 제품에 대한 상세명세와 조성성분이 아직 공개되지 않고 있으나 알려진 문헌과 기초적 화학지식으로 간간히 점검한 결과 중금속오염 문제는 매우 심각한 상태로 보여지지 않으나, 제품의 조성을 상세하게 조사한 후에 불꽃축제 전·중·후의 단계별 오염 측정과 안전도 실험·통계조사가 필요하며 사용 제품의 크기, 빈도, 수량 등을 재점검하고 조정해야 할 필요가 있다.
- 3) 그리고 짧은 시간 내에 많은 수량의 타상 및 장치 연화 등을 설치하고 장전·사용함에 있어서 법의 허용범위 안에서 불꽃축제가 치루어지도록 하기 위하여 현실적으로 불합리한 제도와 관련법규는 현실에 맞도록 재개정하고, 전문학회 혹은 대학에 의한 사용지침이 마련되어야하며, 영상과의 조화 및 색채오염을 개선시키기 위한 연구 결과는 현재 전무한 실정이므로 영상디자인 전문가와 공학전문가의 참여로 색채·빛·소리 등의 효과 상승 및 환경안전을 고려한 연구도 동시에 진행되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 허진, 안명석, 1987, “안전한 불꽃놀이를 위한 고찰”, 기술사, (사)한국기술사회, Vol.20 No.1, pp.21-27.
2. 안명석, 1988, “Pyrotechnics 산업의 발전방향” 화약발파, (사)대한화약발파공학회, Vol.6 No.2 pp.19-32.
3. 안명석, 1988, “화약산업의 재해분석 및 안전대책에 관한 연구”, 동아대학교 석사학위 논문.
4. 안명석, 1993, “연화발사시 안전대책”, 춘계총회화약, 춘 제 11호, pp.19-20.
5. 이영대, 안명석, 이창우, 2000, “건설 진동·소음·비산 먼지로 인한 유해성 여부에 관한 연구”, 대한환경공학회 부산 울산 경남지부 학술연구발표회 논문집, (사)대한환경공학회, pp.19-20.
6. 김희창, 안명석, 김종현, 2000 “화약 및 화공품의 역사와 향후 전망에 관한 연구” 화약발파, Vol.18, No.3 pp.7-13.
7. Ahn Myung-Seog, Jo Myung-Cham, Han Dong-Hoon, 2007, “The Present Condition of Explosive Demolition Market in Korea”, APS Blasting 1, The Asia-Pacific Symposium on Blasting Techniques, China pp.10-15.
8. Yang Hyung-Sik etc 7, 2007, “Design Guide of Surface Blasting Methods for Road Construction in Korea, APS Blasting 1, The Asia-Pacific Symposium on Blasting Techniques, China pp.107-111.
9. Ahn Myung-Seog, 2008, “Introduction Design Guide of Surface Blasting Methods for Road Construction in Korea” Joint Seminar 2008 of civil Engineering in Fukuoka Japan, Hakozaki campus, Kyushu University, Fukuoka Japan pp.21-29.
10. 유원상, 강추원, 2007, “불꽃놀이의 수행방법과 안전성에 대한 고찰” 대한화약발파공학회 춘계학술발표회 논문집, (사)대한화약발파공학회 pp.11-35.
11. 안명석, 2007.8.24, “화약류의 안전” 화약·발파강연회, (사)대한화약발파공학회 pp.3.
12. Fireworks Principles and Practice, 1972, Chemical Publishing CO, INC, pp.87.
13. 清水武夫, 소화 36.7.21, 花火, 一橋書房 pp.135-138.
14. 권영걸 외 27인, 2004.11.10, “색채까지 세상” (사)한국색채학회, 도서출판 국제, pp.11-12, 14, 208-209, 220, 224.
15. 국제신문, 2008.9.26 31면, “임란때 일본군과 맞싸운 향약”.
16. 한겨레, 2006.11.9 “부산환경련 불꽃축제가 환경과 괴”, <http://www.hani.co.kr>.



안명석

동서대학교 응용/건설공학부 교수

Tel : 011-558-2593

E-mail : amspeoff@chol.com

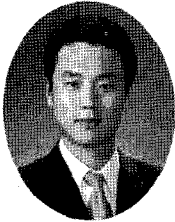


이진호

동서대학교 디자인학부 교수

Tel : 011-877-2085

E-mail : jiholee@gdsu.dongseo.ac.kr



신창용

동서대학교 건설공학부

Tel : 010-9381-6032

E-mail : explosifs@nate.com