

OSHRI

2016년 제3권 제1호(통권 5호)

RESEARCH TO PRACTICE

안전보건

연구실용화 REPORT

산업재해예방

안전보건공단

산업안전보건연구원



안전보건
연구실용화
REPORT

산업재해예방

안전보건공단

산업안전보건연구원



Research to Practice

머 리 말

안전보건환경이 하루가 다르게 변화하고 있습니다. 우리 연구원은 1989년 설립 이후 일하는 사람의 생명과 건강 보호를 위해 산업현장 사고 예방과 직업병 예방 연구를 수행하는 등 공공 연구기관으로서의 역할을 충실히 수행했을 뿐만 아니라, 우리 사회가 당면한 안전보건 현안을 해결하고 미래 위험요소에 능동적으로 대처하기 위해 노력해왔습니다.

비록 지난 10년간 정체되어 있던 0.7%대 사고사망만인율이 2014년 이후 0.5%대로 진입하는 큰 성과를 거두었지만 산업현장의 고도화, 다양화로 인해 위험요소는 크게 증가하고 있으며, 최근 들어 화학물질 중독 사고와 같은 기본적인 안전의식 소홀로 인한 재해가 빈번히 발생하는 등 아직도 안전보건 확보를 위해 해결해야 할 문제가 산적해 있습니다.

이에 우리 연구원에서는 실효성 있는 정책과 연구개발을 강화하여 산업안전보건 연구 및 전문사업 수행결과가 기계·기구 및 설비, 작업환경 등 산업현장에 적용되거나 산업안전보건 정책에 반영될 수 있도록 노력하고 있습니다. 또한 올해도 변함없이 연구실용화(Research To Practice, R2P) 사례를 지속적으로 발굴·홍보하여 연구결과의 현장적용성 강화를 위한 「안전보건 연구실용화 REPORT」를 연 2회 발간하고 있으니, 많은 관심을 가져주시기 바랍니다.

산업안전보건연구원장 권혁면

안전보건 연구실용화 REPORT 2016 Vol.3 No.1(통권 5호)

2016년 5월 30일 발행 | 발행처 산업안전보건연구원 | 발행인 권혁면 | 등록 2016-연구원-394
주소 울산광역시 중구 종가로 400(북정동) | 전화 052-7030-815 | 홈페이지 oshri.kosha.or.kr
인쇄 (사) 한국장애인인위크협회 070-7842-5052

<안전보건 연구실용화 REPORT>는 연구원 홈페이지 oshri.kosha.or.kr에서 다운 받으실 수 있습니다.

Contents



산업화 부문

01

- 006 | 과전류 알림 기능을 갖는 멀티콘센트 제품 양산을 위한 기술이전
최상원 실장 / 산업안전보건연구원 안전연구실

실용화 부문

01

- 014 | 잠수작업 감압관리를 위한 감압프로그램 개발
송세욱 실장 / 산업안전보건연구원 직업환경연구실

02

- 023 | 접지 연속성 확인 및 전원 차단장치의 개발
최상원 실장 / 산업안전보건연구원 안전연구실

03

- 027 | 특수건강진단 정도관리 항목 '소변 중 비소' 표준시료 개발 및 활용
이미영 연구위원 / 산업안전보건연구원 직업건강연구실

04

- 031 | 만성발암성흡입독성시험 대상물질 선정 및 활용
임경택 연구위원 / 산업안전보건연구원 화학물질독성연구실
임철홍 부장 / 산업안전보건연구원 화학물질독성연구실
김현영 소장 / 산업안전보건연구원 화학물질독성연구실

05

- 035 | 고온환경 옥외작업 근로자의 건강보호를 위한 온열질환 예방 지침 개발
박정근 연구위원 / 산업안전보건연구원 직업건강연구실

Research to Practice





안전보건 연구실용화 REPORT

산업화 부문



01

과전류 알림 기능을 갖는 멀티콘센트 제품양산을 위한 기술 이전

최 상 원 실장*/산업안전보건연구원 안전연구실



「최근 감전재해의 발생특성과 재해원인 심층조사분석 연구(2012년)」 결과를 토대로 실용신안 출원된 「과전류 알림 기능을 탑재한 리셉터클(실용신안 제0468260호)」 기술이 (주)용진기업으로부터 산업재산권 사용 허가를 신청 받음에 따라 직무발명 심의위원회의 통상실시권 허여 의결을 거쳐 2016년 4월 14일 실용신안권 통상실시 허여 계약서가 체결되어 기술이전이 실행되었다. 「과전류 알림 기능을 갖는 멀티 콘센트」 개발품이 제품으로 생산되어 산업현장에 보급되면 문어발식 멀티콘센트의 절연열화, 절연파괴로부터 발생될 수 있는 화재 및 감전재해를 예방하는데 크게 기여 할 수 있을 것으로 기대하고 있다.



과전류 알림 기능을 갖는 멀티콘센트 개발품

* 연락처 : TEL 052-703-0850, swchoi@kosha.or.kr

I . 개요 및 배경

산업현장부터 가정에 이르기까지 전기·전자기기 다중 접속용 리셉터클(상품명 : 멀티콘센트, 이하 멀티콘센트라 한다.)이 널리 사용되고 있으며, 멀티콘센트에서 발생하는 과부하·과전류로 인하여 산업현장과 가정에서 화재 및 감전사고가 빈번하게 발생하고 있다.

최근 11년간의 플러그 및 리셉터클(콘센트)에 의한 감전사고 재해를 분석한 결과 콘센트에서의 감전사고가 차지하는 비율은 최근 12년간 14건 이내로 한정되나 부상자 수는 최근의 전력 사용량과 더불어 매년 15건 이상이 발생되고 있다. 특히, 멀티콘센트에 문어발식 부하접속은 화재를 일으키고 있기 때문에 산업안전뿐만 아니라 가정·공공의 안전에서도 이에 대한 주의를 당부하고 있는 실정이다.

멀티콘센트에서의 화재·감전사고를 방지하기 위하여 많은 연구 및 안전제품이 개발되어 사용하고 있으나 신뢰성, 가격 등의 문제로 널리 활용되지 못하고 있다. 과전류 차단 기능이 없는 멀티콘센트에서는 멀티콘센트 전체에 흐르는 전류를 확인, 인지할 수 없어 과부하로 인한 화재·폭발·감전위험성을 예측하는 것이 불가능하다. 기존의 「열동 과전류 차단 멀티콘센트」는 기계식으로 인한 오차 범위가 크며, 신뢰성이 저하되어 일부 생산이 중단된 상태이다. 반면 「과전류 표시 및 차단·경보형 멀티콘센트」는 기능이 뛰어나나 가격이 비싸 활용도가 떨어진다는 단점을 가지고 있다. 따라서 기존 멀티콘센트의 단점을 보완하여 열동형 기계식 안전기능이 내장된 멀티콘센트에서의 낮은 신뢰성 및 작동범위를 전기·전자 부품을 활용하여 신뢰성을 높이고, 회로전류 표시 및 과전류 경보를 알리는 고가의 정밀제품보다는 단순 과전류 경보 기능만을 탑재하여 가격이 저렴한 「과전류 알람 기능을 갖는 멀티콘센트」 개발이 필요하였다.

이에 2012년에 「최근 감전재해의 발생특성과 재해원인 심층조사분석 연구(2012)」를 통하여 문어발식 멀티콘센트의 절연열화, 절연과괴로부터 화재 및 감전재해 예방을 위한 「과전류 알람 기능을 탑재한 리셉터클」 기술을 개발하였다. 그 후속조치로 지적재산권을 출원하여 「과전류 알람

기능을 탑재한 리셉터클」에 대하여 실용신안 (제20-0468260호; 2013. 07. 26)을 취득하고, 「과전류 알림 기능을 갖는 멀티콘센트」 개발품을 개발하게 되었다.

II. 산업화 내용



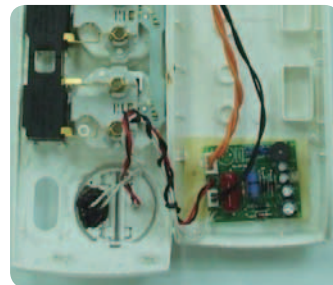
국내 기업과의
과전류 알림 기능을
탑재한 리셉터클
실용신안권
통상실시하여
계약서 체결 및
기술이전(移轉)을
통해 과전류 알림
기능을 갖는
멀티콘센트 제품
양산 본격화



「최근 감전재해의 발생특성과 재해원인 심층 조사분석 연구(2012년)」 결과를 토대로 실용신안 출원된 「과전류 알림 기능을 탑재한 리셉터클 (실용신안 제0468260호)」 기술이 (주)용진기업으로부터 산업재산권 사용 허가를 신청 받음에 따라 직무발명심의위원회의 통상실시권 허여 의결을 거쳐 2016년 4월 14일 실용신안권 통상실시하여 계약서가 체결되어 기술이전이 실행되었다. 「과전류 알림 기능을 갖는 멀티 콘센트」 개발품이 제품으로 생산되어 산업현장에 보급되면 문어발식 멀티 콘센트의 절연열화, 절연파괴로부터 발생될 수 있는 화재 및 감전재해를 예방하는데 크게 기여할 수 있을 것으로 기대하고 있다. 개발된 「과전류 알림 기능을 갖는 멀티콘센트」는 [그림 1과 같이 기존의 멀티콘센트에 ‘과전류 검지 및 경보용 전자회로’를 추가한 것이다. 회로 구성은 전원감지 및 변환 회로, 부하전류 감지 및 변환회로, 비교·판별회로 및 경보(LED, Buzzer) 회로로 구성되어 있다.



(a) 개발품 외부사진



(b) 개발품 내부사진

[그림 1] 과전류 알림 기능을 갖는 멀티콘센트

「과전류 알림 기능을 갖는 멀티콘센트」의 주요 특징은 다음과 같다.

- 정상전류/과전류를 판별한 후 과전류에 도달하게 되면 출력으로 LED를 통한 경광, Buzzer를 통한 경음이 발산되도록 하였다.
- 본래의 정상상태의 전류로 저하되면 경광·경음은 차단되며, 이러한 일련의 동작은 반복 재현(발생/복귀)이 가능하다.
- 가변저항기, TR 등 전자 조정소자를 통하여 과전류 범위, 정확도, 가시광, 가청음 및 주파수를 조정할 수 있다.

III. 산업화 노력

국내에서 멀티콘센트를 생산하는 회사는 20여 개사로 연간 약 40만개를 생산하는 것으로 파악되었으며, 시장규모는 약 200억 정도로 추산된다. 멀티콘센트를 생산하는 회사 규모가 영세하기 때문에 개발 당시에도 초기 금형비의 투자를 꺼리는 실정이었으나, 이번에 본 건의 개발품에 대하여 통상실시권을 신청하여 허여 받은 (주)용진기업은 전기통신 배관 자재를 전문으로 생산하는 회사로 박빙의 멀티콘센트 시장에서의 기술력 차별화로 고부가 가치 및 시장 확대를 도모하려고 한다. 또한 국내 산업화의 성공 여부에 따라 해외 수출도 목표를 삼고 있다.

1. 산업현장 적용과정 및 결과

(주)용진기업은 본 건뿐만 아니라 현재 출원중인 「누전 알림 및 전기 절약형 차단기」(2014. 06. 05)의 통상실시권에 대하여 2016년 3월 8일에 통상실시권의 허여를 요청하였고, 3월 23일에 사업계획서를 공단본부에 제출한 후 3월 28일 직무발명심의를 통과하여 최종적으로 2016년 4월 14일에 쌍방이 계약서를 체결하여 통상실시권(실시료 : 각 권리별 순매출액의 3%)을 허여함으로써 ‘과전류 알림 기능을 탑재한 리셉터클’ 기술과 더불어 다양한 종류의 제품 개발과 양산을 통해 산업현장 적용·보급이 본격화될 예정이다.

2. 현장 보급 및 전파의 용이성과 가능성



[그림 2] 사업화 추진 체계도

(주)용진기업이 제출한 사업계획서에 의하면 크게 I, II차의 시도(세부 4단계, [그림 2] 참조)로 나누어 사업화를 계획하고 있다. 1차 산업화 목표만 보더라도 회사가 제공하는 현물(인건비, 장비 사용 등)을 제외하면 대략 3억 원 이상 초기 투자비용이 예상되므로, 초기개발 비용문제 및 제품 단가의 과도한 상승에 따른 부담을 완화하기 위해 사업화 추진을 단계별로 해나갈 예정이다. 한편, 제품은 타사의 일반제품과 차별화 전략(고부가가치)으로 2배 이상의 가격(약 10만원 정도 예상)을 예상하고 있다.

I차 시도는 「과전류 알림 기능을 갖는 멀티콘센트」 사업화이며, 주요 추진 내용으로는 다음과 같다.

- 산업현장의 경우 멀티콘센트보다는 전선릴의 사용이 많기 때문에 시장성, 보급성, 경제성을 조사하여 멀티콘센트 또는 전선릴에 대한 적용의 선택적 고려
- 저가·불량제품을 탈피한 고가 및 신뢰성 확보로 고부가가치 브랜드화
- KS 인증품으로 유도(특수 산업현장을 고려한 방폭형으로의 개발 추진)

II차 시도는 「과전류 알림 기능을 갖는 멀티콘센트」 산업화의 성공여부에 따라 단계적으로 「누전 알림 및 전기 절약형 차단기」 산업화를 추진할 예정이며, 전체적인 세부 추진 일정은 [표 1]과 같다.

항목별 추진내용	추진일정										비고	
	2016 2분기	3분기	4분기	2017 1분기	2분기	3분기	4분기	2018 1분기	2분기	3분기		4분기
기술계약/ 시장조사												자체
적용 시도 및 기초 실험												자체
치구 및 금형설계/ 수정/제작			1차	2차	3차							자체
생산시설					발주 /계약	설치/ 운전						외주 구입
양산							500대 /월	1000대	2000대	추가 증산	계속	자체
홍보/판매		전문지 홍보			언론 홍보		판매 개시					자체
지적 재산권 사용료 지불							가능 시점					자체
2차, 3차, 4차 산업화 시도												

[표 1] 세부 추진 일정표



‘과전류 알림 기능을
갖는 멀티콘센트’
개발품이 제품으로
생산되어 산업현장에
보급되면 문어발식
멀티콘센트의
절연열화,
절연파괴로부터
발생될 수 있는
화재 및 감전재해를
예방하는데 크게
기여할 것으로 기대



3. 재해예방 또는 산업재해 감소 기여도

「과전류 알림 기능을 갖는 멀티콘센트」 등의 개발품은 문어발식 콘센트 등에서의 과전류 발생을 근로자가 미연에 인지하고 조치함으로써 전기로 인한 화재 및 감전재해 등의 산업재해예방에 기여할 수 있다고 판단되며, 향후 탑재구조 등을 보완한 후 참여기업으로의 기술이전을 통하여 사업장, 일반가정 등에 보급할 예정이다. 아울러 배전반, 누전 등의 차단기에 적용 가능성을 검토한 후 KS, 안전보건규칙 개정을 유도하고자 한다. 끝으로 단계별로 산업화를 성공적으로 수행하기 위해서는 개발자(최상원)의 지속적인 현장 기술지원이 요구된다.

| 참고문헌 |

1. 산업재해현황분석(2000년~2011년), 고용노동부
2. 산업안전보건연구원, 최근 감전재해의 발생특성과 재해원인의 심층조사분석 연구, 2012. 12.
3. 최상원, 정의찬, “최근 감전재해의 발생 특성”, 한국안전학회 춘계학술대회 초록집, p.11, 2012. 5.
4. 최상원, “최근 재해 분석을 통한 여름철 감전재해 대비”, 안전보건연구동향, 산업안전 보건연구원, 2012. 7.
5. 전기재해통계분석(2011년), 지식경제부
6. 최상원, 권혁면, “최근 감전재해의 발생 특성-2”, 한국안전학회 추계학술대회 초록집, p.43, 2012. 5.
7. 정태환 · 최상원, “과전류 알림 기능을 갖는 멀티콘센트의 개발 및 특성”, 한국안전 학회 추 계학술대회 초록집, p.13, 2012. 10.



안전보건 연구실용화 REPORT

실용화 부문



01

잠수작업 감압관리를 위한 감압프로그램 개발

송세욱 실장*, 강준혁 연구원/산업안전보건연구원 직업환경연구실

실용화 요약

미해군 잠수매뉴얼(개정 제6판)의 비감압 한계표, 잔여질소시간표, 공기 감압표를 기반으로 엑셀의 데이터베이스 함수를 이용하여 잠수작업 수심과 작업시간을 입력함으로써 감압계획을 수립할 수 있는 감압프로그램이 개발되었다. 개발된 감압 프로그램은 '감압계획 수립', '잠수작업 수심과 작업시간에 따른 감압방법 선택', '감압계획 변경', '반복잠수 감압계획', '잠수작업 기록 및 보관' 등에 활용 가능하여 잠수작업자들의 안전확보에 도움을 줌으로써 잠수작업 관련 안전사고 및 잠수질환에 의한 산업재해예방에 기여할 수 있도록 하였다.



잠수헬멧을 이용한 수중작업

* 연락처 : TEL 052-703-0900 , s88093@kosha.or.kr

I . 개요 및 배경



잠수작업 후
감압을 하기 위하여
기압조절실로
들어가기 전 대기압
환경에 노출되는
과정에서 시간을
지체할 경우
감압병 이환의
위험성이 매우 크다.



I-1. 배경

감압방법과 잠수작업 수심별 감압시간은 고용노동부 고시 「고기압작업에 관한 기준」과 미국 해군 잠수매뉴얼 제2권 제9장 공기감압에 제시되어 있으나, 잠수질환 이환자에 대한 사례 연구에서 감압은 준수되지 않았다. (황규윤과 김해준, 1994)

이에 대한 원인은 첫째 산업잠수 인력양성 기준이 미비하여 감압에 대한 실무지식이 부족한 경우에도 잠수작업에 종사하는 경우가 많고, 둘째 극히 일부 교육기관만이 기압조절실을 교육함에 있어 이론과 실습을 병행하며, 셋째 기압조절실의 보급률이 낮기 때문이다.

「유해·위험작업의 취업 제한에 관한 규칙」에 따르면 「국가기술자격법」에 따른 잠수기능사보 이상의 자격, 「근로자직업능력 개발법」에 따른 해당 분야 직업능력개발훈련 이수자, 3개월 이상 해당 작업에 경험이 있는 사람, 이 규칙에서 정하는 해당 교육기관에서 교육(8시간)을 이수한 사람 등이 수중작업에 종사할 수 있다. 수중작업에 종사하는 근로자의 유입경로는 다양하지만 교육훈련 과정은 표준화되지 않아 다수의 잠수근로자가 기압조절실 운영에 어려움을 겪고 있는 실정이다.

잠수할 수심과 해당 수심에서 머문 시간별로 감압시간을 정리한 것을 감압표 라고 하며, 국내에는 고용노동부고시 제2014-28호 「고기압 작업에 관한 기준」에 별표로 제시되어 있다. 잠수 후 감압하기 위하여 기압조절실로 들어가기 전 대기압환경에 노출되는 과정이 있는데 이 때 시간을 지체할 경우 감압병 이환의 위험성이 매우 커진다. 「고기압 작업에 관한 기준」에는 대기압 환경에 노출되는 과정의 위험을 줄이는 방법과 기압조절실에 이를 보상할 감압계획이 없고, 별표 2에 수심별 일일 최장의 고압시간이 누락되어 잠수근로자의 건강장해 예방에 어려움이 있다.

이와 같은 단점을 보완코자 미해군 잠수매뉴얼(개정 6판)의 감압표를 채용하여 잠수작업 근로자가 도달한 가장 깊은 수심, 입수하여 수중에서



수중작업이 계획된
지리적 위치에서
수중작업 수심과
해양물리적 특성을
고려하여 수중
또는 고압환경에서
체류할 시간을
잠수 전 확인하고,
감압의 방법과
감압시간을
추정하여 근로자의
건강장해를
예방하기 위해
감압계획 수립



작업을 종료한 후 상승하기 직전까지 경과한 시간, 수면에서 작업할 수심으로 잠수하기 시작한 때의 시간 만으로 감압방법 선정, 감압계획 수립, 감압 후 기록 관리를 용이하게 하고자 엑셀 데이터베이스 함수를 이용하여 감압프로그램을 개발하게 되었다.

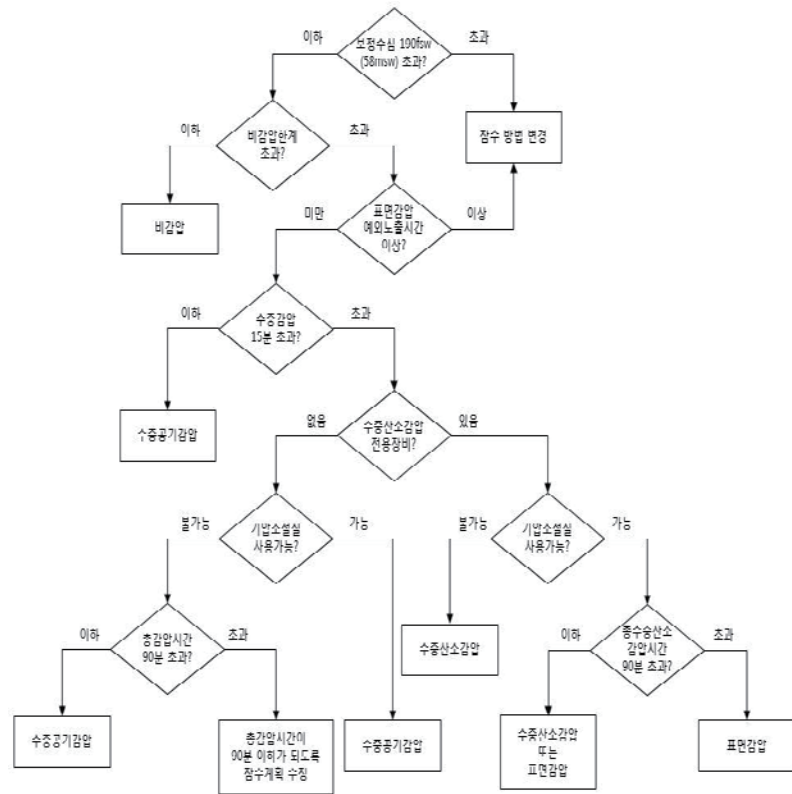
1-2. 주요 관련 정보

감압계획이란 수중작업이 계획된 지리적 위치에서 수중작업 수심과 해양물리적 특성을 고려하여 수중 또는 고압환경에서 체류할 시간을 잠수 전 확인하고 감압의 방법과 감압시간을 추정함으로써 근로자 건강장해를 예방하고, 효율적인 감압방법을 선택하는 행위이다.

감압을 계획하고 수행하는 자는 수중에 체류하는 시간, 감압장비의 가용 여부, 수중 작업 여건과 해양물리적 요인을 고려하여 수중에서 상승을 멈추고 일정 시간동안 공기로 호흡하는 '수중공기감압', 수중에서 상승을 멈추고 호흡기체를 산소로 변경하여 호흡하는 '수중산소감압', 수중에서 일정시간 압축공기로 감압한 후 수면으로 상승하여 일정시간동안 기압조절실에서 산소로 호흡하는 '표면감압' 중에서 선택하여 적용한다.

엑셀 감압 프로그램을 이용하여 감압계획을 도출하는 방법은 다음과 같다.

- ① 잠수할 수심 선정 : 수심 단위가 미터일 경우 「수심변환기」로 피트 단위로 변환
- ② 잠수 예정 수심 또는 측심기로 측정한 수심 입력
- ③ 「해저체류시간 한계」에서 해저체류시간 한계 확인 및 감압방법 선정
- ④ 해저체류시간 입력, 해면출발시간 입력
- ⑤ ③을 참조하여 예외노출이 아닌 감압방법 선정
- ⑥ 드롭다운 메뉴에서 잠수도표 선택
- ⑦ 수중산소감압일 경우, 산소사용을 위한 배기 시간 입력
- ⑧ 표면감압일 경우, 표면휴식시간 입력



[그림 1] 해저체류 한계시간을 참조로 한 감압방법 선택 경로

II. 실용화 내용

미해군 잠수매뉴얼 제6판의 비감압 한계표와 비감압 공기잠수 반복그룹 기호표, 반복잠수 잔여질소시간표, 공기 감압표를 토대로 엑셀의 데이터 베이스 함수를 이용하여 감압계획을 표시하도록 [그림 2]의 잠수기록표가 고안되었다.

잠수 예정 수심 또는 공압식 측심기(Pneumofathometer)에 표시된 수심 (fsw)을 셀(H9)에 입력한다. 수심 셀(H9)에 입력할 수 있는 최대값은 296fsw(90m)이나, 압축공기를 이용한 잠수는 측정된 수심과 보정값(Pneumofathometer correction factor)을 더한 보정수심이 190fsw(58m)를 초과할 경우 예외노출에 해당되므로 190fsw을 초과한 감압계획은 바람직하지 않다.



미해군 잠수매뉴얼
(개정 제6판)의
비감압 한계표,
잔여질소시간표,
공기 감압표를
기반으로 엑셀의
데이터베이스
함수를 이용하여
잠수작업
감압관리를 위한
감압프로그램이
개발되었다.



잠수기록표 오른쪽 「해저체류시간 한계」의 비감압 한계, 모든 감압법, 수중산소·표면감압(권장·요구), 표면감압 등은 해당 감압법을 시행할 수 있는 최대 잠수시간이다. 예외노출 시간은 실제 잠수시간이 표면감압한계를 초과할 때 감압계획상 선택하는 시간이므로 표면감압한계를 초과한 시간을 예외노출로 간주한다.

수심 60fsw(18m)에서 70분간 잠수작업을 할 경우 드롭다운 메뉴에서 감압방법(표면감압)을 선택하고 해면출발시간을 입력하면 잠수를 시작한

잠수기록표															노란색 셀만 기록하세요	
1. 잠수기록표																
2. 잠수기록표																
3. 잠수기록표																
4. 잠수기록표																
5. 잠수기록표																
6. 잠수기록표																
7. 잠수기록표																
8. 잠수기록표																
9. 잠수기록표																
10. 잠수기록표																
11. 잠수기록표																
12. 잠수기록표																
13. 잠수기록표																
14. 잠수기록표																
15. 잠수기록표																
16. 잠수기록표																
17. 잠수기록표																
18. 잠수기록표																
19. 잠수기록표																
20. 잠수기록표																
21. 잠수기록표																
22. 잠수기록표																
23. 잠수기록표																
24. 잠수기록표																
25. 잠수기록표																
26. 잠수기록표																
27. 잠수기록표																
28. 잠수기록표																
29. 잠수기록표																
30. 잠수기록표																
31. 잠수기록표																
32. 잠수기록표																
33. 잠수기록표																
34. 잠수기록표																
35. 잠수기록표																
36. 잠수기록표																
37. 잠수기록표																
38. 잠수기록표																
39. 잠수기록표																
40. 잠수기록표																
41. 잠수기록표																
42. 잠수기록표																
43. 잠수기록표																
44. 잠수기록표																
45. 잠수기록표																
46. 잠수기록표																
47. 잠수기록표																

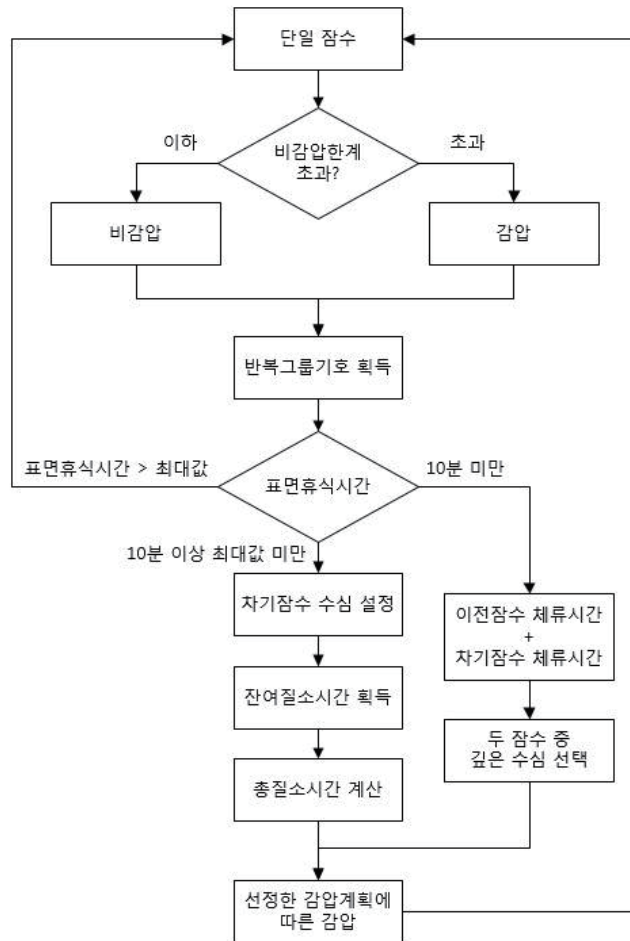
[그림 2] 수심 60fsw(18m)에서 70분간 잠수할 때의 감압계획(표면감압)



잠수시스템
[Diving System]

시간부터 감압을 완료한 시간까지의 감압계획이 A20행 이하에 [그림 2]와 같이 출력된다.

수중 60fsw(18msw)에서 70분간 작업한 잠수근로자를 표면감압 할 때에는 수중에서 감압정지하지 않고 수면으로 상승하여 기압조절실 50fsw(15msw)까지 가압한다. 수심 50fsw에 해당하는 압력에서 15분(0.5 산소주기)간 산소로 호흡한 후 대기압 환경으로 상승한다. 미해군 잠수매뉴얼에 따르면 상승속도는 30fpm(feet per minute)이나 30fpm의 속도로 압력을 감할 경우 근로자가 잠수질환에 이환된 사례가 있으므로 주의를 요한다.



[그림 3] 반복잠수 선택 경로

해외 산업잠수업계에서 1일 2회 이상 잠수작업을 권장하지 않으나, 국내에서 상당수 잠수작업에서 잠수작업자는 1일 2회 이상 잠수하기도 한다.

이와 같이 짧은 시간 차이를 두고 두 번의 잠수를 진행할 때 체내에 잔류한 불활성 기체가 완전히 배출되지 않은 상태에서 시행하는 두 번째 잠수를 반복잠수(Repetitive diving)라고 하는데 반복잠수를 할 때에는 선행 잠수에서 반복그룹기호를 구하고, 선행 잠수의 감압이 종료된 시점부터 연이은 잠수에서 하잠하기 직전까지 경과한 시간, 작업수심 등을 입력하여 감압계획을 출력한다. 반복잠수 계획을 위한 경로를 [그림 3]과 같다.

[그림 2]의 이전잠수에서 얻은 반복그룹기호(K44)가 N이고, 표면휴식시간(D8)이 3시간 27분일 때 차기 잠수의 수심(60fsw)을 입력하면 잔여질소시간(D10)은 65분이다. 차기 잠수시간의 해저체류시간(M7)을 60분으로 계획하면 총 질소시간(M8)은 125분이 된다. 첫 번째 잠수에서 체내에 흡수된 불활성 기체가 완전히 배출되지 않아 두 번째 잠수 시 실제 잠수시간에 잔류질소시간을 더한 시간인 125분을 잠수한 것으로 간주하여 감압계획을 수립한다.

실제 잠수 수심 60fsw에 보정값을 더하고, 총 질소시간 125분에 해당하는 잠수계획은 70(fsw)/130(min)으로 표시되며, 표면감압을 감압계획으로 선택할 때 감압계획은 [그림 4]의 A20행 이하와 같다.

[그림 4]의 잠수계획에 따라 수중에서 감압정지를 하지 않고 상승하여 기압조절실로 이동한 잠수근로자는 기압조절실에서 2주기(30분×2회) 동안 산소로 호흡한다. 첫 0.5주기는 50fsw(15m)에서, 두 번째 0.5주기는 50fsw에서 40fsw로 감압하며 호흡한다. 2~4주기는 40fsw에서, 5주기 이상은 30fsw에서 산소호흡하며, 두 산소호흡주기 사이에 5분간 공기휴식시간을 갖는다. 산소호흡이 끝나면 정해진 속도로 상승한다. 반복그룹기호가 “없음”인 경우 두 잠수 간 휴식시간은 18시간이다.

이와 같이 개발된 잠수작업 감압관리를 위한 감압프로그램 사용함으로써 다음과 같은 효과를 기대해 볼 수 있다.



개발된
감압프로그램은
표면감압 등의
감압방법과 잠수 후
체내에 잔류된
질소의 양을
시간으로
출력하므로
2회 이상의
잠수에도
감압시간을
미리 확인하여
잠수운용에
적용할 수 있어
향후 잠수작업자들의
안전확보에 도움을
줄 수 있을 것으로
기대한다.



잡수기록표															노출색 표시 기록용지	
1. 문서번호																
2. 잠수사																
3. 해저체류시간																
4. 잠수시간																
5. 잠수장소																
6. 잠수목적																
7. 잠수방법																
8. 잠수장비																
9. 잠수시간																
10. 잠수장소																
11. 잠수목적																
12. 잠수방법																
13. 잠수장비																
14. 잠수시간																
15. 잠수장소																
16. 잠수목적																
17. 잠수방법																
18. 잠수장비																
19. 잠수시간																
20. 잠수장소																
21. 잠수목적																
22. 잠수방법																
23. 잠수장비																
24. 잠수시간																
25. 잠수장소																
26. 잠수목적																
27. 잠수방법																
28. 잠수장비																
29. 잠수시간																
30. 잠수장소																
31. 잠수목적																
32. 잠수방법																
33. 잠수장비																
34. 잠수시간																
35. 잠수장소																
36. 잠수목적																
37. 잠수방법																
38. 잠수장비																
39. 잠수시간																
40. 잠수장소																
41. 잠수목적																
42. 잠수방법																
43. 잠수장비																
44. 잠수시간																
45. 잠수장소																
46. 잠수목적																
47. 잠수방법																

[그림 4] 반복 잠수 감압 계획

■ 감압계획 표시

수심과 수중작업시간을 입력하여 감압계획을 출력한다. 감압시간을 사전에 파악할 수 있으므로 안전하고 합리적인 작업계획을 수립할 수 있다.

■ 감압방법과 수심에 따른 해저체류시간 한계 표시

수심별 노출한계시간을 표시하여 적절한 감압방법을 선택할 수 있고, 비감압한계, 수중감압, 수중산소감압, 기압조절실을 이용한 표면감압 등은 수중 및 고압환경노출 한계시간을 표시함으로써 사용자가 적절한 감압방법을 선택할 수 있게 하였다.

■ 해저체류시간 변경 시 감압시간 제공

잠수근로자의 상태, 해양물리적 환경변화, 작업 진도 등에 따라 해저체류 시간이 단축 또는 연장될 경우 해저체류시간 계산기를 이용하여 실제 해저 체류시간을 신속히 구할 수 있다. 계산된 해저체류시간을 재입력하여 체류 시간 변경에 따른 감압계획변경을 관리할 수 있으며, 상승 중 지체할 경우 정지시간에 지체시간을 입력하여 감압계획 변경과 기록을 가능하게 하였다.

■ 기압조절실 총 감압시간 및 산소호흡시간 표시

산소호흡주기별 산소호흡시간을 별도 표시함으로써 기압조절실 운영자가 기압조절실내의 잠수근로자 산소중독관리에 주의를 기울이도록 하였다.

■ 2회 이상 잠수 시 노출한계

반복그룹기호를 자동으로 표시하여 차기 잠수 때 수중작업 한계시간을 확인할 수 있으므로 반복잠수에 의한 건강장해 위험을 줄일 수 있도록 하였다.

| 참고문헌 |

1. Department of the Navy, Naval Sea Systems Command, US Navy Diving Manual Rev 6, 2008
2. 민병국. 잠수작업실태조사 및 비용편익분석 연구, 2015
3. 황규윤, 김해준. 감압병 환자 163예 분석 연구. 대한산업의학회지, 1994, 제6권(제2호);364~376

02

접지 연속성 확인 및 전원 차단장치의 개발

최 상 원 실장*/산업안전보건연구원 안전연구실



이동용 전기기계·기구에서의 전기위험성 감소대책 연구결과를 토대로 이동용 전기기계·기구와 전원선의 접지와 불연성을 감지하여 접지의 연속성이 되지 않으면 이동용 전기기계·기구로의 전원 투입이 불가능 하도록 하는 기능과 전기기기 사용 중에 접지선의 이탈 등 접지 불연속 상태가 되면 전기설비 전원을 차단해 주는 기능을 갖춘 「접지 연속성 확인 및 전원 차단장치」가 개발되었다. 이 장치는 기존의 휴대용·고정용 누전차단기와 과부하차단기와의 혼용이 가능 하도록 기술 효율화와 접지 연속성 모니터링에 대하여 스마트폰과도 연계되도록 기술 융합화를 추진하여 감전재해를 근원적으로 예방하는데 기여할 수 있도록 하였다.



스마트폰 융합 접지 연속성 확인 및 전원차단장치

* 연락처 : TEL 052-703-0850, swchoi@kosha.or.kr

I . 개요 및 배경



건설현장에서
이동용 전기기기·
기구에 의한
감전사망자는
전체 감전사망자의
35%를 차지하는
것으로 나타나
이동용 전기기계·
기구에서의
전기위험성
감소대책이
절실히 요구됨.



전기에너지로 인한 재해는 크게 전기화재 및 감전사고로 발생되는데 과부하에 의한 전기화재의 예방을 위해서는 과부하 차단기, 누설전류에 의한 전기화재 및 감전방지를 위해서는 누전차단기의 설치와 접지시설을 의무화하고 있는 것은 국내외적으로 유사하다.

특히, 접지시설에 관한 기준 및 규정으로는 국내의 산업안전보건기준에 관한 규칙과 전기설비 기술기준 및 판단기준에서 접지의 당위성과 접지 설비에 대하여 항상 점검토록 하고 있다. 또한 미국의 연방규정집에서는 회로, 장비 및 외함으로부터 시작되는 접지경로는 영구적으로 지속성이 있어야 하고, 사업주는 건설현장에서 작업자가 사용하는 모든 전선, 콘센트, 전선 또는 플러그에 의해 접속된 장비들에 대하여 접지프로그램을 수립하여 실시하도록 규정하고 있으며, 사업주는 접지 프로그램의 내용을 충족하지 못하는 장비를 현장에서 사용하지 못하도록 명시되어 있다.

산업안전보건기준에 관한 규칙 제302조(전기기계기구의 접지)에서는 누전에 의한 감전방지를 위하여 금속제 전기설비에 대하여 접지를 함과 동시에 설치된 접지설비가 항상 적정상태(연속성)로 유지되도록 점검하도록 하고 있다. 또한 KOSHA GUIDE E-92-2011(접지설비 계획 및 유지관리)에 관한 기술지침 및 E-102-2011(저압용 전기설비의 접지설비 선정 및 설치에 관한 기술지침) 등에서도 접지연속성의 적합성은 육안 및 물리적인 검사에 의하여 확인하도록 하고 있다.

그러나 아직도 최근 10년간의 감전재해분석결과 약 60% 이상의 재해가 소규모 건설업에서 전기기계의 절연불량에 의한 감전사고가 약 30%를 점유하고 있다. 특히, 건설현장에서 이동형 전기기기·기구에 의한 감전 사망자는 전체 감전사망자의 35%를 차지하는 것으로 나타나 이동형 전기 기계·기구에서의 전기위험성 감소대책이 절실히 요구된다.

또한 국내외적으로 접지 연속성을 확인하기 위한 관련 기술이나 장치 및 누전차단기의 동작특성을 검토한 결과 기존 접지연속성을 확인하기 위하여 고가의 복잡한 계측기를 사용하거나, 플러그 형태의 확인 장치는 전기기계가 동작 중에는 사용할 수 없고, 탱크로리 등 이동형 설비에서 정전기 방전을 위한

접지 및 그 연속성 확인 장치는 고정형 전기설비에 사용하는 데는 고가이고, 그 크기가 대형으로 휴대하기가 불편함을 알 수 있었다.

따라서 「이동용 전기기계·기구에서의 감전 위험성 감소대책에 관한 연구」를 통해 건설현장에서 여름철 감전재해 발생을 증가시키는 이동용 전기기계·기구를 대상으로 한 감전재해를 근원적으로 예방하기 위한 공학적 대책의 일환으로 일명 ‘접지 연속성 확인 및 전원 차단장치’를 개발하여 그 특성을 확인하고자 하였다.

II. 실용화 내용

이동용 전기기계·기구 등 전기설비와 전원선의 접지와와의 불연속성을 상시 감지하여 접지의 연속성이 되지 않으면 이동용 전기기계·기구로의 전원 투입이 불가능하게 하거나 사용 중이더라도 접지 불연속 상태가 인지 되는 경우에는 전원이 차동 차단되도록 하여 근로자를 감전위험으로부터 보호하고, 기존의 휴대용·고정용 누전차단기와 과부차단기와의 혼용이 가능하도록 기술 효율화와 접지 연속성 모니터링에 대하여 스마트폰과도 연계되도록 기술 융합화를 추진하여 감전재해를 근원적으로 예방하는데 기여할 수 있도록 하였다.

스마트폰 융합 접지 연속성 확인 및 전원차단장치의 세부 구성도는 [그림 1]과 같이 전원의 유무 확인 기능, 접지선의 연속/이탈 여부 기능, 블루투스 기능, 기존의 스마트 폰으로 구성된다.



[그림 1] 접지 연속성 확인 및 전원차단장치의 세부 구성도



이동용 전기기계·기구 등 전기기기로 부터의 접지 연속성을 확인하여 상시 작업 중이라도 접지선의 이탈·단선으로부터 발생할 수 있는 감전위험성을 미리 감지하여 접지 불연속일 때 전기기기의 입력 전원을 차단하는 ‘접지 연속성 확인 및 전원 차단장치’가 개발되었다.



전원선의 정상상태(정상분, 역상분)를 판별(정상, 역상, 전원)하는 회로, 무접지(접지연속성)를 감지해내는 회로 및 이들의 상태를 표시등(LED)을 통하여 발광토록 하며, 전기기기 전원 투입 전 무접지(접지연속성) 상태에서는 입력전원이 투입되지 않도록 방지회로를 통하여 통제한다. 또한 전기기기 사용 중 무접지(접지연속성) 상태인 경우 릴레이를 통하여 입력전원(220V)을 차단하도록 한다. 정상상태인 경우로 복귀하는 기능과 함께 부가적으로 기존의 휴대용 누전차단기와 병용할 수 있도록 구성되었으며, 이러한 상태의 기능을 휴대폰에서도 확인할 수 있다.

「접지 연속성 확인 및 전원 차단장치」는 특허출원(2015. 08. 25, 출원번호 10-2015-0119543)을 통해 기술을 선점하였고, 이동용 전기기계·기구 등 전기기기로 부터의 접지 연속성을 확인하여 상시 작업 중이라도 접지선의 이탈·단선으로부터 발생할 수 있는 감전위험성을 미리 감지하여 접지 불연속일 때 전기기기의 입력 전원을 차단케 함으로서 누전의 조기감지 및 사전조치를 취하여 감전재해예방 및 감소에 크게 기여될 것으로 판단된다.

아울러 향후 산업안전보건기준에 관한 규칙 제304조(누전차단기에 의한 감전방지)에 ‘접지 불연속 시에 전원의 투입방지 및 차단 장치를 병용하거나 또는 그러한 기능이 부가된 전기기계·기구’ 내용이 반영할 수 있도록 관련 규칙 개정을 추진할 예정이다.

| 참고문헌 |

1. 이동용 전기기계·기구에서의 전기위험성 감소대책 연구, 2015-연구원-1973, 산업안전보건연구원, 2015년
2. 감전재해 예방을 위한 연구 II -건설업 중심-, 2013-연구원-954, 산업안전보건연구원, 2013년
3. 최근 감전재해의 발생특성과 재해원인 심층조사분석 연구, 2012-연구원-1283, 산업안전보건연구원, 2012년
4. Maintaining portable and transportable electrical equipment, HSE, 2004 Maintaining
5. KOSHA Guide, E-77-2011, 휴대 전기기기 정비에 관한 기술지침

03

특수건강진단 정도관리 항목 ‘소변 중 비소’ 표준시료 개발 및 활용

이 미 영 연구위원*/산업안전보건연구원 직업건강연구실



특수건강진단 생물학적 노출 평가 2차 항목인 소변 중 비소의 표준시료를 개발하였다. 2008년에 정도관리 표준시료를 개발하여 활용한 이후 8년 만에 특수건강진단 정도 관리 항목에 소변 중 비소를 신규로 추가하여 운영함으로써 2015년 연구결과가 2016년 정기 특수건강진단 분석정도관리 사업에 신속히 반영되어 활용되고 있다. 소변 중 비소는 독일과 캐나다 등 외국의 정도관리 항목에서만 표준시료를 제공하던 항목으로써 국내 기술로 조제한 시료를 이용하여 소변 중 비소 항목에 대한 정도 관리가 가능해졌다.



* 연락처 : TEL 052-703-0873 , cookmom@kosha.or.kr

I . 개요 및 배경



생물학적 노출 평가
통계자료에서
국내 노출기준이
220 μ g/L을
초과하는 시료는
7%로 나타나
비소에 노출된
근로자의 건강
보호를 위한
노력의 필요성 제기



특수건강진단기관 분석정도관리는 1995년 혈액 중 납과 소변 중 마노산 등 2 항목으로 시작하였고, 2015년 현재 유기분석 10 항목과 무기분석 5 항목으로 총 15 항목을 분석정도관리 항목으로 운영하고 있다. 2008년 소변 중 엔메틸아세트아미드를 정도관리 항목으로 추가한 이래 국내 생물학적 노출 평가에 필요한 분석 항목이 추가로 개발되지 못하였다. 이에 2015년 「특수건강진단 정도관리 항목 개발 - 소변 중 비소」 연구를 통해 국내 생물학적 노출 평가 수행 항목 추가가 필요한 항목을 선정하고, 분석정도관리 활용을 위한 표준 시료를 개발하여 이를 분석정도관리에 활용하고자 하였다.

2014년에 한국산업안전보건공단에 등록된 특수건강진단 통계자료 중 연구 대상인 소변 중 비소 통계 자료는 1,619건으로 특수건강진단에서 실제로 근로자에 대한 건강검진 사례가 연간 1,000건 이상 보고된 사례에 해당한다. 생물학적 노출 평가 통계자료에서 국내 노출기준인 220 μ g/L을 초과하는 시료는 7%로 나타나 비소에 노출된 근로자의 건강보호를 위한 노력이 필요함을 알 수 있었다.

특수건강진단 항목으로 지정되어 있는 29종의 유해물질에 대한 생물학적 노출 평가 지표 33 항목 중 표준 시료 개발이 필요한 항목의 수요를 조사하고 선정한 항목에 대해 2014년 특수건강진단 통계자료로부터 개발 대상 항목의 실용성을 조사하였다. 분석 방법의 검증을 선정한 항목의 표준시료를 국내 노출 기준의 1/2, 1, 2배 수준의 3가지 농도로 조제한 후 각 시료의 균질성을 조사하였다. 시료의 안전성을 조사하기 위하여 각 시료를 24 $^{\circ}$ C, 4 $^{\circ}$ C, -20 $^{\circ}$ C, -80 $^{\circ}$ C로 보관하고, 1주일/1개월이 지난 시료를 분석하였다.

정도관리 항목 개발과 특수건강진단 실무 활용성을 고려하여 특수건강진단 생물학적 노출평가 2차 항목인 소변 중 비소를 표준시료 개발대상으로 선정하였다. 소변 중 총 비소를 원자흡광광도기로 분석하여 비소 표준시료의 균질성을 조사한 결과 3가지 농도 시료를 모두 균질하게 조제하였음을 확인하였고, 시료를 제조한 후 경과한 시간에 따른 안정성을 조사한 결과 조제한 표준시료는 모두 1개월까지 농도 변화를 보이지 않았다. 이상의 결과로부터 소변 중 비소 표준시료의 신뢰도를 확인하였다.

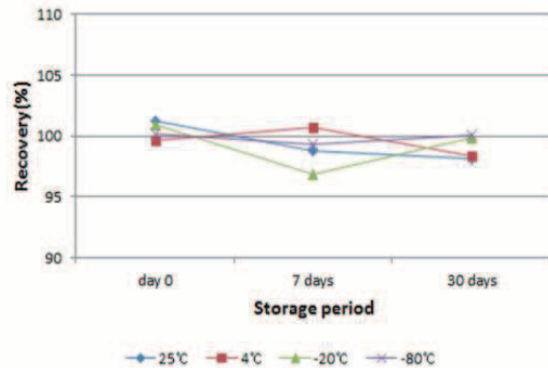
II. 실용화 내용



특수건강진단
생물학적 노출 평가
2차 항목인 소변 중
비소의 표준시료를
개발하여 2008년 이후
8년 만에 특수건강
진단 정도관리
항목에 신규로
추가하여 2016년부터
정기 특수건강진단
분석정도관리 사업에
활용하고 있다.



특수건강진단 생물학적 노출 평가 2차 항목인 소변 중 비소의 표준시료를 개발하였다. 소변 중 총 비소 표준시료를 조제하여 원자흡광광도기로 분석하여 표준 시료의 균질성과 1개월 보관에 따른 시료의 안정성을 확인하였다.



[그림 1] 소변 중 비소 표준시료의 1개월 경과 시 안정성 검토 결과

2008년에 정도관리 표준시료를 개발하여 활용한 이후 [표 1]과 같이 8년 만에 특수건강진단기관 정도관리 항목에 소변 중 비소를 신규로 추가하여 운영함으로써 2015년 연구결과가 2016년 정기 특수건강진단 분석정도관리 사업에 신속히 반영되어 활용되고 있다. 한편, 국외 유관기관 공동연구의 일환으로 베트남 노동보호원의 생물학적 노출평가 실험실에 소변 중 비소 시료를 제공하여 자체 정도관리에 사용하도록 하였다.

년도	분석정도관리 추가 항목
1995	소변 중 마노산; 혈액 중 납
1996	소변 중 만델산, 메틸마노산; 혈액 중 카드뮴
1997	소변 중 페닐글리옥실산; 혈액 중 망간
1999	소변 중 엔메틸포름아미드(NMF); 소변 중 수은
2000	소변 중 삼염화초산, 총삼염화물
2004	소변 중 뮤콘산, 2,5-헥산디온; 소변 중 카드뮴
2008	소변 중 엔메틸아세트아미드(NMAC)
2016	소변 중 비소

[표 1] 특수건강진단 분석정도관리 표준시료 개발 현황



소변 중 비소는 독일과 캐나다 등 외국의 정도관리 항목에서만 표준 시료를 제공하던 항목으로 국내 기술로 조제한 시료를 이용하여 소변 중 비소 항목에 대한 정도관리가 가능해졌다.

국내 특수건강진단 정도관리 강화에 따라 소변 중 비소 항목의 참가 확대가 예상되어 소변 중 비소 분석의 신뢰도 향상에 연구 결과의 지속적 활용이 예상된다. 향후 비소 중분리를 통한 소변 중 비소 분석 기법의 개선을 병행함으로써 비소 중독 사고 발생의 원인 파악 및 신속한 대책 수립에 기여하고자 한다.

| 참고문헌 |

1. Linsinger TPJ, Pauwels J, van der Veen AMH, Schimmel H, Lamberty A, Homogeneity and stability of reference materials. Accred Qual Assur. 6, 20-25, 2001
2. Lawn R, Roper P, Holcombe G, Stuart B, Application notes for the production of low-cost quality control matrix reference materials: LGC/VAM/2001/010: VAM, 2001
3. 근로자건강진단실무지침 제1권 특수건강진단 개요, 한국산업안전보건공단, 2015
4. 이미영, 이혜지, 특수건강진단 정도관리 항목 개발-소변 중 비소, 산업안전보건연구원, 2015

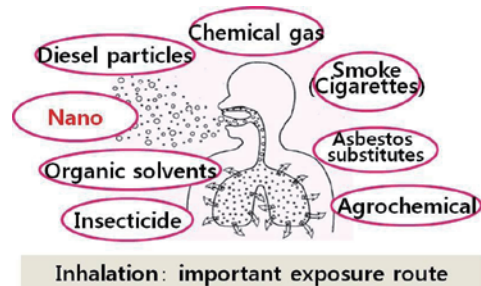
04

만성발암성흡입독성시험 후보물질 선정 및 활용

임 경택 연구위원*/산업안전보건연구원 화학물질독성연구실
임 철홍 부장, 김 현영 소장/산업안전보건연구원 화학물질독성연구실



2016년부터 본격적인 시험 가동을 앞둔 만성발암성흡입독성 시험시설의 효율적인 운영을 위해 시험 대상물질에 대한 제시가 요구됨에 따라 '14년 자체연구와 '15년 위탁연구를 통해 시험대상 물질 우선순위 선정 및 중복성 검토를 실시한 결과 후보 물질 우선순위 3번까지의 물질 중 시험이 가능한 물질로 사이클로헥사논(Cyclohexanone, CAS No. 107-21-1)을 최종 시험물질로 선정하였다. 우선 시험대상으로 선정된 화학물질에 대한 만성흡입독성발암성 시험은 2016년부터 순차적으로 수행될 예정이며, 시험결과를 활용하여 발암성 여부 확인, 유해성 평가를 통해 화학물질 관리를 위한 유해성분류와 작업환경 노출기준 제·개정 등의 기초자료를 제공할 수 있게 되었다.



* 연락처 : TEL 042-869-0322, rim3249@kosha.or.kr

I . 개요 및 배경



2016년부터 본격적인
시험 가동을 앞둔
만성발암성흡입독성
시험시설의 효율적인
운영을 위해
시험 대상물질에
대한 제시 요구
증가에 따라
관련 연구 수행



2016년 만성발암성흡입독성시험 시설 신축 이후 수행하게 되는 화학물질 만성발암성흡입독성시험 대상물질의 제시가 요구됨에 따라 타당성과 시의성 있는 시험대상 후보물질 및 그 우선순위를 제안하고자 2014년에 관련 자체연구과제를 수행하여 산업안전보건법상 관리대상물질 및 화학물질관리법상 기존화학물질, 신규화학물질 등 국내 유통화학물질 목록 전반을 대상으로 만성발암성 시험여부를 조사하고, 동시험이 필요한 물질에 대한 우선순위를 제안하였다.

2015년에는 위 대상물질에 기타물질들을 추가하여 우선순위 선정 및 중복성 검토 결과 만성발암성흡입독성시험 대상물질에 대한 EURAM scoring을 활용한 정량평가 및 발암성 분류 기준, 독성학적 영향 고려 등에 따른 질적 평가를 통해 대상물질의 우선순위를 선정하였다.

2014년 연구에서는 만성발암성흡입독성시험대상 후보물질을 제시하기 위하여 화학물질 정보, 구분 및 고찰을 통해 우선순위를 포함한 대상 후보물질을 선정하였으며, 고체(분말) Pyrethrin zinc 등 8종, 기체(가스 포함) Butane 등 8종, 액체(유기용제 등) Dimethyl disulfide 등 73종의 후보물질을 제시하였다. 2015년도 연구에서는 만성발암성흡입독성시험 수행을 위하여 총 410종 화학물질을 대상으로 시험대상 후보물질을 선정 후 각 대상물질의 우선순위를 선정하였다. 우선순위 선정 시 일차적으로 EURAM scoring을 활용 정량평가를 수행하여 인체위해성점수를 산출하였으며, 이후 IARC 발암성기준 Group 1 및 Group 2A에 따른 대상물질에서의 제외, 상대적으로 낮은 수준으로 인체건강영향점수가 산출된 물질 및 독성학적 영향평가가 불필요하다고 판단되는 물질들에 대한 배제, 물질별 중복성 검토 등을 통한 정성평가 과정을 거쳤다.

최종적으로 산학연 전문가들의 검토 후 인체위해성점수의 재조정을 통하여 우선순위 물질 총 16종이 선정되었다. 동 최종 대상물질들은 기존 시험대상 후보물질들과 더불어 급성 및 아만성 시험대상 후보물질 중 생식독성 및 발암성 영향이 높을 것으로 예상되는 물질을 포함시켜 최종적으로 만성흡입독성시험 대상물질의 우선순위화를 수행하였다.

II. 실용화 내용



만성발암성흡입독성 시험대상 우선순위로 선정된 물질에 대해서 2016년부터 순차적으로 시험을 수행하고, 시험결과를 활용하여 발암성 여부 확인, 유해성 평가를 통해 화학물질 관리를 위한 유해성분류와 작업환경 노출기준 제개정의 기초자료를 제공할 수 있게 되었다.



2016년부터 본격적인 시험 가동을 앞둔 만성발암성흡입독성 시험시설의 효율적인 운영을 위해 시험 대상물질에 대한 제시가 요구됨에 따라 '14년 자체연구 및 '15년 위탁연구를 통해 시험대상 가능 우선순위 물질 총 16종이 분류·선정되었다. 선정된 16종의 물질에 대하여 국내에서 사용되는 화학물질 중 노출 시 근로자의 건강장해 유발 우려가 있으나 흡입독성시험 자료가 없는 경우, 부족한 화학물질의 독성시험 대상물질을 선정함에 있어 타당성과 신뢰성을 확보하기 위하여 화학물질 유해성시험평가 운영위원회를 개최하였다. 시험대상 물질 우선순위 선정 및 중복성 검토를 실시한 결과 [표 1]과 같이 후보물질 우선순위 3번까지의 물질 중 시험이 가능한 물질로 사이클로헥사논(Cyclohexanone, CAS No. 107-21-1)을 최종 시험물질로 선정하였다.

원안 후보물질 우선순위			검토결과 후보물질 우선순위		
연번	물 질 명	CAS No.	연번	물 질 명	CAS No.
1	1,2-Ethanediol	107-21-1	1	Cyclohexanone	108-94-1
2	Cyclohexanone	108-94-1	2	2-Methylbut-2-ene	513-35-9
3	1-Butanol	71-36-3	3	1-Propanol	71-23-8
4	2-Methylbut-2-ene	513-35-9	4	1-Butanol	71-36-3
5	1-Propanol	71-23-8	5	2-Methoxyethanol	109-86-4
6	2-Methoxyethanol	109-86-4	6	Nonylphenol	25154-52-3
7	Nonylphenol	25154-52-3	7	Dibutylbis[(1-oxododecyl)oxy]stannane	77-58-7
8	Dibutylbis[(1-oxododecyl)oxy]stannane	77-58-7	8	Chloroalkanes	85535-85-9
9	Chloroalkanes	85535-85-9	9	Acetaldehyde	75-07-0
10	Acetaldehyde	75-07-0	10	N,N-Dimethylaurylamine	112-18-5
11	N,N-Dimethylaurylamine	112-18-5	11	2-Propenoic acid 2-(dimethylamino)ethyl ester	2439-35-2
12	1,2,4-Benzenetricarboxylic acid tris(2-ethylhexyl) ester	3319-31-1	12	Dimethyl disulfide	624-92-0
13	2-Propenoic acid 2-(dimethylamino)ethyl ester	2439-35-2	13	N,N-Diethylethanamine	121-44-8
14	Dimethyl disulfide	624-92-0	※ 음영 표시된 후보물질은 우선순위에서 제외된 물질임		
15	1,1-Dimethylethyl hydroperoxide	75-91-2			
16	N,N-Diethylethanamine	121-44-8			

[표 1] 화학물질 유해성시험평가 운영위원회 검토 결과 대상물질 및 우선순위

우선 시험대상으로 선정된 화학물질에 대한 만성흡입독성발암성 시험은 2016년부터 순차적으로 2~3년간의 시험과정을 거쳐 수행될 예정이며, 시험 결과를 활용하여 발암성 여부 확인, 유해성 평가를 통해 화학물질 관리를 위한 유해성분류와 작업환경 노출기준 제·개정 등의 기초자료를 제공할 수 있게 되었다.

또한, 향후 저농도 장기적 흡입 노출될 가능성이 높은 시험 후보 화학물질에 대한 독성학적 영향을 순차적으로 시험·평가하여 사업장 근로자의 건강 장해를 예측하고, 화학물질로 인한 직업성 질환 예방에 활용해나갈 예정이다.

| 참고문헌 |

1. 임경택 등, 2014. 만성발암성시험 표준작업지침서 개발 및 시험대상물질 선정에 관한 연구. 산업안전보건연구원 자체연구과제 보고서
2. 차신우 등, 2015. 산업화학물질의 만성발암성평가 체계 구축을 위한 만성흡입독성시설 활용 방안. 산업안전보건연구원 연구용역과제 보고서
3. 임경택 등, 2014. 흡입노출에 의한 만성발암성시험 대상물질 및 우선순위 선정 연구. 한국산업보건학회지 vol. 24 No. 4, pp. 587~612
4. 임경택 등, 2015. 산업법 관리대상물질의 변이원성 검색을 통한 GLP 유전독성 시험대상 후보물질의 선정. 한국산업보건학회지 vol. 25 No. 3, pp. 254~284

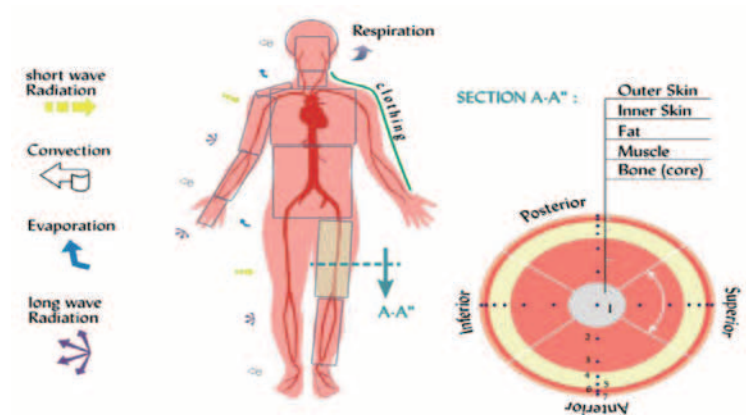
05

고온환경 옥외작업 근로자의 건강보호를 위한 온열질환 예방 지침 개발

박 정 근 연구위원*/산업안전보건연구원 직업건강연구실

실용화 요약

실내에서 일하는 근로자들에 비해 폭염에 노출될 가능성이 훨씬 높은 하절기 옥외작업 근로자의 건강을 보호하기 위해 고온환경 옥외작업 근로자를 중심으로 조건 및 작업 환경 개선조치에 대한 예방 지침이 개발되었다. 이번에 개발된 「하절기 고온환경 옥외작업 근로자의 온열질환 예방 지침(안)」은 장시간 옥외 고온환경에서 작업하는 조선업, 항만업, 건설업 근로자의 건강보호를 위한 예방대책의 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.



연락처 : TEL 052-703-0842 , jkpark@kosha.or.kr

I . 개요 및 배경



현재 가장 바람직한
온열리스크 평가방법
중 하나는 기후환경
요인 뿐만 아니라
육체노동강도,
의복의 열 저항 등
개인적인 요소도
함께 고려한 WBGT
지수측정법으로,
우리나라에서도
WBGT지수를
기준으로 하는
예방지침 마련을
통해 고온 환경근무
옥외작업 근로자의
건강을 보호할 필요
가 있다.



I-1. 배경

지구온난화로 인한 폭염일수의 빈도와 강도가 증가하면서 장시간 옥외에서 작업하는 근로자의 건강보호에 관한 관심이 국제적으로 증가되고 있다. 최근 5년간 산업재해보상보험 요양자로 승인된 사례 중 옥외작업 근로자의 고온에 의한 온열질환 사례는 모두 37명(남자 34명, 여자 3명)이었으며, 21명(56.8 %)이 2013년에 발생한 사례였다. 연령별로는 50대가 14명(37.8%)으로 가장 많았고, 전체 37명중 24명(64.9 %)이 건설현장의 근로자였으며, 그 다음으로 많은 직종이 농림업 근로자와 청소원 및 환경미화원으로 각각 4명이었다. 37명의 진단명은 열탈진 4명, 열실신 2명, 열경련 1명, 나머지 30명은 모두 일사병 또는 열사병이었다.

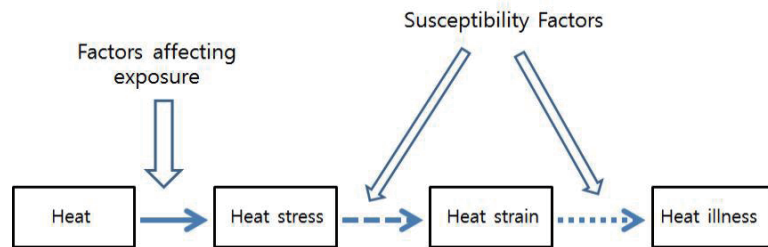
옥외 사업장의 대표적인 업종으로는 조선업, 항만하역업, 건설업 등이 있는데 이들 업종의 근로자들은 혹서기에도 옥외작업을 해야 하는 근로환경으로 인해 건강이 나빠질 수 있다. 이에 「유해작업 휴식 등 근로조건 개선조치에 대한 법적 근거 및 시행방안 마련 연구 - 옥외작업을 중심으로」 연구를 통해 옥외작업을 중심으로 근로조건 및 작업환경 개선조치에 대한 예방대책을 마련하고자 했다.

I-2. 주요 관련 정보

전 세계적으로 옥외작업 근로자의 건강을 보호하기 위하여 폭염으로 인한 온열질환 예방을 노동법에 별도로 규정하고 있는 것으로 확인된 나라는 프랑스와 중국이며, 미국과 유럽 대부분의 국가들은 산업안전보건법의 ‘일반의무조항(General duty clause)’에 의해 옥외작업 근로자의 건강보호를 규정하고 있다.

온열질환은 고온 스트레스 요인에 의해서 누구나 똑같은 리스크를 가지고 발병하는 것은 아니며, 고온에 대한 순화 여부, 연령, 개인건강상태 등 개인 감수성 요인에 따라 크게 다를 수 있다. 현재 가장 바람직한 온열리스크

크 평가방법 중 하나는 기온, 상대습도, 복사열, 기류 등의 기후환경 요인을 측정할 뿐만 아니라 평가에 육체노동강도, 의복의 열 저항 등 개인적인 요소도 함께 고려하는 WBGT (Wet-bulb globe temperature)지수 측정법이 다. 따라서 우리나라에서도 WBGT 측정장비 확보, 장비사용 교육, WBGT 지수를 기준으로 하는 예방지침 마련 등을 통해 하절기 고온 환경에서 근무하는 옥외작업 근로자의 건강을 보호할 필요가 있다.



[그림 1] 고온스트레스 요인에서 온열질환까지의 스펙트럼

옥외작업 근로자들이 노출될 수 있는 고온환경 요인(예, 폭염)은 소음이나 화학물질처럼 근로자가 작업을 수행하면서 연중 일상적으로 노출될 수 있는 유해요인이 아니며, 그 요인을 제거하거나 노출을 감소시킬 수 없다. 그러므로 '폭염'을 산업안전보건법 제24조(보건조치)에 새롭게 추가하기 보다는 고시 또는 예방관리 매뉴얼 형태의 예방 지침을 마련하는 것이 더 바람직하다.

II. 실용화 내용

온열질환은 기본적으로 고온스트레스의 6요소(기온, 상대습도, 기류, 복사열, 육체노동강도, 의복)가 작용하여 발생되나 개인요인(열순화 여부, 기존 질환 여부 또는 약물 투여여부, 몸의 컨디션, 연령, 탈수 여부 등)도 작용할 수 있다. 또한 온열질환의 증상은 초기에 적절하게 대처하는 것이 중요하다. 즉 고온환경에 순화할 수 있도록 업무를 조정하면서 근무시작 전에 체크리스트를 사용하여 기존질환 여부 또는 약물투여 여부, 몸의 컨디션,



실내에서 일하는
근로자들에 비해
폭염에 노출될
가능성이 훨씬 높은
하절기 옥외작업
근로자의 건강보호
예방을 위해 장시간
옥외 고온 환경에서
작업하는 조선편,
항만업, 건설업
근로자를 위한 고열
환경 옥외작업
근로자 온열질환
예방 지침이
개발되었다.



탈수 여부를 확인하는 것이 필요하다. 근무 중에 온열질환의 초기증상이 있는 근로자가 있을 경우 동료 근로자 또는 관리감독자에게 가능한 한 일찍 알려 적절히 대처하여야 초기 증상이 온열질환으로 진행되는 것을 예방할 수 있다.

이런 측면을 바탕으로 실내에서 일하는 근로자들에 비해 폭염에 노출될 가능성이 훨씬 높은 하절기 옥외작업 근로자의 건강보호 예방을 위해 고온 환경에서 근무하는 옥외작업 근로자를 위한 온열질환 예방 지침(안)이 다음과 같이 개발되었다.

하절기 고온환경 옥외작업 근로자 온열질환 예방 지침(안)

제1조(목적)

이 고시는 (관련 규정)에 따라 하절기 옥외작업을 수행하는 근로자의 온열질환 예방을 위하여 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다.

고온스트레스 요인이 온열질환으로 진행되는 것을 좌우하는 개인적 감수성요인으로 열 순화 여부, 연령, 탈수정도, 기존질환 유무, 투약 여부, 일반적인 신체 상태 등이 있다.

제2조(정의)

- (1) 온열질환: 고온 다습한 환경 하에서 체내의 수분과 염분(나트륨 등)의 균형이 깨지거나, 체온조절기능 등 체내의 조절기능이 제대로 작동되지 않는 등의 원인으로 발생하는 장해를 말한다.
- (2) 고온에의 순화(Accimation): 고온 환경에서의 업무에 인체가 일시적으로 적응하는 것을 의미한다.
- (3) 고온스트레스 요인: 온열질환을 발생시킬 가능성이 있는 고온스트레스 요인을 의미하며, 기온, 상대습도, 태양과 기타 복사열, 기류, 작업강도 및 작업시간, 의복 등이 있다.
- (4) 온열질환에 대한 개인적 감수성요인:

제3조(온열질환 예방조치 실시 시기)

온열질환 발생 여부는 기온을 비롯한 고온스트레스 요인 및 다양한 개인적 감수성 요인에 의해 좌우되므로 어느 특정 요인을 기준으로 옥외작업 근로자에 대한 온열질환 예방조치 실시 시기를 정하기보다는 하절기가 시작되는 시점부터 예방조치를 실시하는 것으로 하는 것이 안전하다.

제4조(온열질환 예방조치)

예방조치는 고온스트레스 요인을 줄이고 개인적 감수성요인을 관리하는 것이다.

1. 고온스트레스 요인 관리
 - (1) 작업시간의 단축 등
하절기 이 전에 비해 연속작업시간을 줄이고 휴식시간을 더 배정할 것, 작

업강도가 높은 작업을 피할 것 등의 온열질환 예방조치를 작업 상황에 맞추어 실시한다.

- (2) 그늘막 설치: 햇빛과 주위의 벽면으로부터 햇빛의 반사를 차단할 수 있는 그늘막을 작업현장에 설치한다.
- (3) 적절한 작업복 제공: 통기성과 투습성이 좋은 작업복과 통기성이 좋은 안전모를 제공한다.
- (4) 휴식장소의 제공: 작업현장 가까이에 바람이 잘 통하고 그늘이 있거나 에어컨을 갖춘 시원한 휴식장소를 마련한다.

2. 개인적 감수성요인 관리

(1) 고온 순화

옥외작업에 처음으로 배치된 근로자는 1주일 이상에 걸쳐서 고온에 노출되는 작업시간을 서서히 증가시킬 필요가 있으며, 최초 2주일간은 관리감독자가 주의 깊게 관찰해야 한다. 휴가 또는 병가로 쉬다가 복귀한 경우에는 순화 효과가 없어진 상태이므로 특별히 주의해야 한다.

(2) 고령 근로자 배려

고령이 될수록 온열질환 발생 위험이 높아지며, 중증도도 높아지므로 중고령 근로자를 배려한다.

(3) 수분 및 염분 제공

탈수 정도는 온열질환의 주요한 위험인자이므로 이를 방지하기 위하여 작업 중 음료수를 충분히 마시게 하는 것이 중요하다.

(4) 기존질환 유무 및 투약 여부의 확인

온열질환 발생이 높아질 우려가 있는 질병에는 당뇨병, 고혈압증·심장병, 만성신부전, 광범위한 부위의 피부질환 등이 있고, 발한을 억제

하거나 탈수를 진행시키는 약물에는 항콜린 제제, 자율신경에 직접 영향을 주는 약, 베타차단제와 혈압강하제, 이뇨제, 정신·신경질환약 등이 있다. 이러한 질환이 있거나 약물을 복용하고 있는 근로자는 관리감독자에게 이를 알리는 것이 중요하며, 관리감독자는 필요시 이들의 작업시간을 단축시키거나 변경 조치하도록 한다.

(5) 일상적으로 유의할 건강상태 확인

근로자가 수면부족, 몸 상태 불량, 전날의 음주, 아침식사 거름, 발열 또는 설사상태인 경우 온열질환 발생에 영향을 줄 우려가 있으므로 관리감독자는 하루 작업 시작하기 전에 이를 점검하고, 필요시 이들의 작업시간을 단축시키거나 변경 조치하도록 한다.

제5조(온열질환 초기 증상자에 대한 초기 대처)

온열질환 초기 증상에 대한 신속한 대처 여부가 실제 온열질환 발병 여부를 좌우한다.

(1) 관리감독자는 작업 중에 자주 순시하면서 근로자에게 온열질환 초기 증상(갑작스러운 심한 피로감, 메스꺼움, 어지러움 등)이 나타나는지 확인한다.

(2) 온열질환 초기 증상이 나타나는 동료 근로자가 있을 경우 관리감독자에게 바로 알린다.

제6조(보건교육)

사업주는 근로자 및 관리감독자에 대하여 온열질환 초기증상, 예방법, 응급조치 등에 대하여 교육을 반복 실시하여 교육내용이 실천될 수 있도록 한다.

제7조(응급처치)

(1) 긴급연락체계 구축

사업주는 근로자의 온열질환 발병에 대비하여 미리 병원 소재지 및 연락처를 파악하는 등 긴급연락체계를 구축해 둔다.

(2) 작업현장에서의 응급처치

온열질환으로 의심되는 증상이 나타날 경우 시원한 장소에서 몸을 식히고 수분 및 염분 등을 제공하며, 필요에 따라서 긴급연락체계를 가동한다.

이번에 개발된 「하절기 고온환경 옥외작업 근로자의 온열질환 예방지침(안)」은 장시간 옥외 고온환경에서 작업하는 조선업, 항만업, 건설업 근로자의 건강보호를 위한 예방대책의 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대하고 있다.

| 참고문헌 |

박정선, 김양호, 박종식, 정인성. 유해작업 휴식 등 근로조건 개선조치에 대한 법적 근거 및 시행방안 마련 연구, 옥외작업을 중심으로, 산업안전보건연구원 2015-연구원-1081, 2015.