

실험실의 안전수준 평가 방법

이근원

한국산업안전공단 산업안전보건연구원

1. 서론

산업발전과 신제품 개발에 따른 연구업무의 중요성이 증가함에 따라 실험실의 수행업무도 복잡·다양해져 새로운 형태의 잠재위험 요소가 증가되고 있다. 실험실의 위험요소는 기계·물리적, 화학적 및 생물학적 위험이 있으며, 주로 화재·폭발, 중독 등 실험실 사고에 따른 인명손실이 발생되고 있어 실험실 사고예방을 위한 자율적인 실험실 안전관리를 위한 노력이 필요하다. 또한, 실험실에서 사용되는 각종 유해화학물질, 설비, 및 기기사용에 따른 위험성 등 실험실의 안전보건에 관한 관심이 고조되고 있다. 실험실의 안전확보는 실험자의 안전과 건강보호 차원에서 대단히 중요하며 이에 대한 대책이 필요하며, 실험실 안전에 관한 연구가 미흡한 실정이다. 실험실 안전에 관한 정책연구나 안전지침, 실험실의 품질보증, 및 실험실 위험평가 방법 등에 대해 일부 문헌에 보고 된 바 있지만, 실험실 안전수준 향상을 위한 안전수준 평가방법 등에 대한 체계적인 연구가 없는 실정이다.

본 연구에서는 실험실의 안전수준 향상을 위한 실험실 수준평가 방법을 제공하기 위한 실험실 안전수준 평가항목과 내용을 고찰하여, 실험실의 안전수준 점검·평가표와 수준 기준을 개발하였다. 실험실 안전수준 점검·평가표를 이용하여 K원을 대상으로 사례연구를 수행하였으며, 이를 통해 적용상의 문제점을 파악하고 실험실의 안전수준 평가 분야별 안전수준과 등급을 도출하여 자율적인 안전 향상을 위해 실험실의 안전수준 평가 방법을 제시하고자 하였다. 이러한 실험실의 안전수준 평가방법을 통해 실험실의 안전수준을 향상시킬 수 있

고, 실험실의 통합적 안전관리 방안을 위한 방법을 제공함으로써 실험실 사고 예방에 기여하고자 한다.

2. 실험실 안전수준 점검·평가표

실험실의 안전수준 평가 및 적용을 위해 실험실의 안전수준 점검·평가표의 평가 항목과 주요내용을 Table 1에 나타내었다. 실험실 안전수준 평가 분야는 실험실 안전보건정책 및 체제, 실험실의 안전보건위험수준, 실험실의 최고책임자의 면담 등 3분야로 나누었다. 이들 분야 중 실험실 안전보건정책 및 체제 분야의 세부적인 점검표를 하나만 Table 2에 나타내었다. 이 점검표는 실험실의 최고책임자의 권한과 책임 등 15개 항목으로 구성되어 있다. 각 문항당 최고 5점까지 줄 수 있으며 배점은 75점 만점이다. 최고책임자의 권한과 책임에 관한 실태를 평가하여 체크(√)하면 해당 항목의 점수가 되며 모든 문항의 점수를 합하면 최고 책임자의 권한과 책임분야의 총 득점이 된다.

Table 1. 실험실의 안전수준 점검·평가분야와 주요내용

분야	평가항목	주요 내용	비고
실험실 안전 보건 정책 및 체제	실험실 안전보건 방침 및 의지	- 사업장 실태분석 - 정책 수립 및 목표설정 - 최고책임자의 검토 - 계획수립, 실행 및 운영	
	안전지식 및 기술	- 안전보건 교육훈련 - 안전보건 의사전달 - 안전보건 체제의 문서화	
	자체감사	- 자체감사	
	일반관리	- 실험실의 안전통로 구분,정리정돈, 안전표지 등	
실험실 안전 보건위험 수준	작업관행	- 실험실내 음식물 규칙, 실린저 관리 등	
	안전수칙	- 실험에 필요한 안전수칙 게시유무 등	
	중량물·운반	- 운반기계별 운반기준의 시행 관리 등	
	개인 보호구	- 개인 보호구 지급 및 착용 관리상태 등	
	방호 조치	- 위험기계 기구의 정기적인 보수·점검 유무	
	자체검사	- 유자격자에 의한 자체검사를 실시 여부	
	감전재해	- 감전재해 예방을 위한 방호조치 및 유지상태	
	접지상태	- 전기선의 상태나 접지상태 등	
	전기 방폭	- 실험실내 전기설비의 방폭관리 등	
	약품보관	- 위험물질별로 보관상태, 점화원과의 이격거리	
	가연성 액체	- 보관 캐비닛에 적절한 라벨 부착유무 등	
	압축가스	- 실린더의 체인 체결 유무, 산소 실린더와 격리	
	폐기물 처리	- 폐기물 성상에 따른 보관 및 적정라벨 부착유무	
	환기장치	- 후드 내부는 필요한 장비와 약품을 보관 상태	
	안전장치	- 안전사위 및 세안설비가 필요한 곳에 설치 여부	
	소방 설비	- 화재감지장치, 연기경보기, 소화전 등 작동상태	
	MSDS	- 취급물질의 MSDS 비치와 게시 여부	
재해조사	- 재해조사 실시 및 활용 여부		
비상연락 체계	- 사고 발생시 비상 연락번호와 체계 구축		
실험실 연구 책임자 등의 면담	최고 책임자	- 안전보건 방침 및 안전보건활동 목표 등 5개항	
	실험실 책임자	- 해당 실험공정의 안전작업지침서 내용 등 5개항	
	실험실 관리자	- MDS의 활용과 비치장소 등 5개항	
	실험 작업자	- 담당업무에 관한 실험실 안전보건수칙 등 5개항	
	안전보건관리자	- 안전보건계획 수립 및 실시결과 등 5개 항목	

실험실 최고책임자 등의 면담 평가표는 Table 4에 나타난 바와 같이 실험실 최고책임자의 임무 등 5개 항목으로 구성되어 있다. 1개 항목당 5개의 질문사항이 들어 있으며 최고 5점까지 점수를 줄 수 있으며, 배점은 25점이다.

Table 4. 실험실 최고책임자 등의 면담 점검·평가표

점수	실험실 최고책임자의 숙지사항	comments
1, 2	실험실의 안전보건 정책 및 방침이나 지침 등을 숙지하고 있어야 한다.	
1, 2	당해 년도 안전보건활동목표를 숙지하고 있어야 한다.	
1, 2	안전보건활동을 위한 기본조직 구성현황과 자원을 숙지하고 있어야 한다.	
1, 2	안전에 관한 제반 규정의 종류와 제목 등을 숙지하고 있어야 한다.	
1, 2	사내 안전보건 정책 및 방침을 수행하기 위한 추진계획을 숙지하고 있어야 한다.	

앞에서 각 분야별 점검·평가표의 구성과 배점기준을 설명하였으며, 종합적인 실험실의 안전수준의 등급을 알기 위해서 실험실 안전수준 결과 평가표를 개발하여 Table 5에 나타내었다. 총 배점은 200점이고, 안전수준 등급을 평가하기 위해 분야별로 가중치를 두었으며 실험실 안전보건 정책 및 체제는 20%, 실험실 안전보건위험수준은 70%, 실험실 최고책임자 등의 면담 분야는 10%를 부여하였다. 종합점수는 가중치를 고려하여 100점 만점 기준이며, 실험실 안전수준 등급은 실험실의 안전보건 수준을 고려하여 Table 6과 같이 5 등급으로 나타내었다.

Table 5. 실험실 안전수준 결과 평가표

구 분		배점 (x)	득점 (y)	가중치 (f)	계 산*		안전수준 등급(R)
					분야점수(z)	종합점수(T)	
총점		200		100			
분야 별	실험실 안전보건 정책 및 체제	75		20			
	실험실 안전보건 위험수준	100		70			
	실험실 최고책임자 면담	15		10			

* 계산식

- 분야점수(z) = 득점(y)/배점(x)×100

- 종합점수(T) = 득점(y)/배점(x)×가중치(f)

Table 6. 실험실 안전수준 평가 등급표

등급	점 수	내용
★★★★★	90점 ~ 100점	실험실 안전수준 체계가 안정적으로 구축·관리되고 있으며, 실험실의 안전보건관리 추진 능력이 우수하며 최선의 안전보건 이행수준 단계임
★★★★	75점 ~ 89점	실험실 종사자가 안전보건에 대해 전반적으로 이해하고 있으나, 안전보건 수준체제 구축을 위해 보완할 여지가 있으므로 지속적이고 철저한 이행이 필요한 향상 단계임
★★★	60점 ~ 74점	실험실 안전보건 수준에 대한 기반이 일부 구축되어 있으나, 조직적인 수행이 이루어지지 않고 있으므로 전문가의 자문이 필요한 발전 단계임
★★	50점 ~ 59점	실험실 안전보건수준이 현재 아주 미흡한 상태이므로 안전보건에 대한 전문가의 자문과 함께 개선이 필요한 기초 단계임
★	50점 미만	실험실 안전보건수준이 현재 아주 미흡한 상태이므로 시급히 안전보건 수준향상을 위해 개선이 필요한 초보 단계임, 전문가의 자문(컨설팅)이 요구됨

3. 사례연구

실험실의 안전수준 평가 방법 및 적용상의 문제점을 도출하기 위해 K원을 대상으로 앞에서 언급한 실험실 안전수준 점검 및 평가표를 이용하여 사례연구를 수행하였다. 실험실의 안전수준 수준을 결정하기 위해 실험실의 안전보건 정책 및 체제 분야, 실험실 안전보건수준 분야 및 실험실 최고책임자 등의 면담분야를 평가하였다. 그러나, 실험실의 안전보건위험수준 분야는 연구인력과 점검기간의 제한으로 K원 내에서 잠재위험이 많은 화학, 화공 및 재료관련 실험실을 중심으로 점검 및 평가하였다. 이를 통하여 각 분야별 실험실의 안전 실태를 파악하여 안전등급을 도출하여 실험실 안전수준을 정량화 하였다. 사례연구를 통한 실험실 안전수준 평가 적용상 문제점을 보완하였고, 평가결과에 따라 실험실의 안전수준 향상을 위한 개선자료로 활용하여 자율적으로 실험실 사고를 예방하고자 하였다.

3-1. 조사 및 분석 방법

본 연구에서는 실험실의 안전수준 수준을 평가하기 위해 K원을 선정하였으며, 실험실의 안전보건 정책 및 체제 분야와 실험실의 최고책임자 등의 면담분야는 관련서류의 검토와 실험실 안전관련 책임자 등과의 인터뷰를 통하여 평가하였다. 실험실의 안전보건위험수준은 화학, 재료 및 반도체 실험실을 선정하여, 각 실험실에 동일한 점검표를 이용하여 같은 항목에 대하여 2명의 전문가가 직접 실험실 현장을 방문하여 실험실의 안전 실태를 조사하였다.

분석 방법은 각 분야별 점검·평가표는 각 문항당 5점 기준이며, 각 문항의 점수를 더하여 분야별 평균 득점을 계산하였다. <표 8>에서 보는 바와 같이 각 분야별 점수는 백분율로 환산하였으며, 종합점수는 가중치를 고려하여 계산하였다. 이들 종합점수에 따라 실험실 안전수준 등급을 5단계로 평가하였다.

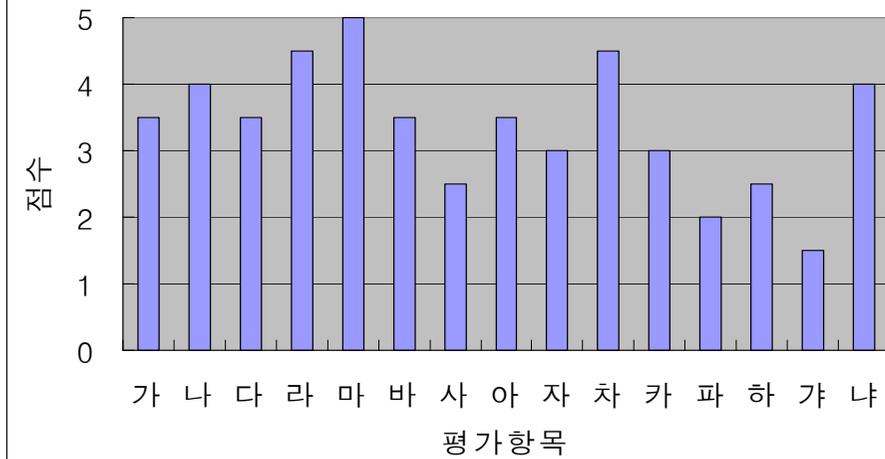
3-2. 분석결과 및 고찰

가. 수준평가 항목별 수준

실험실 안전수준 평가를 위해서 분야별 평가결과를 부록 2에 나타내었고, 이들 평가 점수를 토대로 실험실 안전보건 정책 및 체제분야 결과를 [그림 1]에 나타내었다. 그림에서는 보는 바와 같이 각 평가 항목별 수준을 알 수 있으며, 실험실 안전보건 목표와 안전보건 기준 및 적용 및 실험실 안전보건 교육·훈련 체계가 우수한 것으로 나타났다. 그러나, 실험실의 위험평가, 실험실의 안전보건상의 정보관리 체제 및 실험실 감사부분의 수준이 미흡한 것으로 나타났으며, 이를 토대로 실험실 안전보건 정책 및 체제 분야에서 부족한 부분을 개선함으로써 안전보건 수준을 향상시킬 수 있다.

[그림 2]는 실험실 안전보건위험수준 분야 평가 결과를 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 실태 조사시 평가항목에 해당되지 않는 부분은 제외시켰다. K원의 실험실 안전보건위험수준은 실험실 안전수칙, 전기방폭 및 물질안전보건자료 항목에서 안전보건 수준이 아주 미흡한 것으로 나타났다. 또한, 전반적으로 실험실 안전보건수준이 미흡하기 때문에 이에 대한 개선 대책이 시급히 요구됨을 알 수 있다. 따라서 이러한 안전보건수준의 미흡한 부분을 도출하여, K원이 자율적으로 실험 시설 등의 개선에 투자함으로써 실험실의 안전보건수준을 향상시킬 수 있다.

[그림1] 실험실 안전보건 정책 및 체제 분야 평가 결과



가 : 실험실의 최고책임자의 권한과 책임

나 : 정책의 문서화

다 : 자원활용

라 : 실험실 안전보건 목표설정과 세부계획

마 : 안전보건기준 및 지침 적용

바 : 실험실 작업자의 참여 및 책임

사 : 위험성 평가 관리

아 : 실험실 안전관련 법규 및 기타 요구사항 준수

자 : 실험실 안전보건시스템 구축 관리

차 : 실험실 안전 교육·훈련 체계

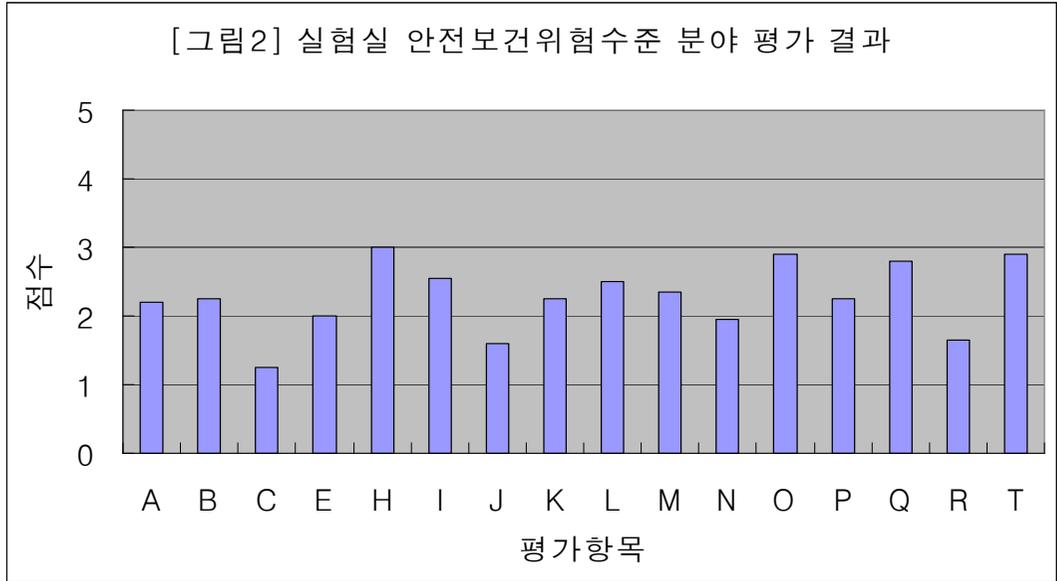
카 : 정보교류 체제

파 : 정보관리 체제

하 : 비상대책

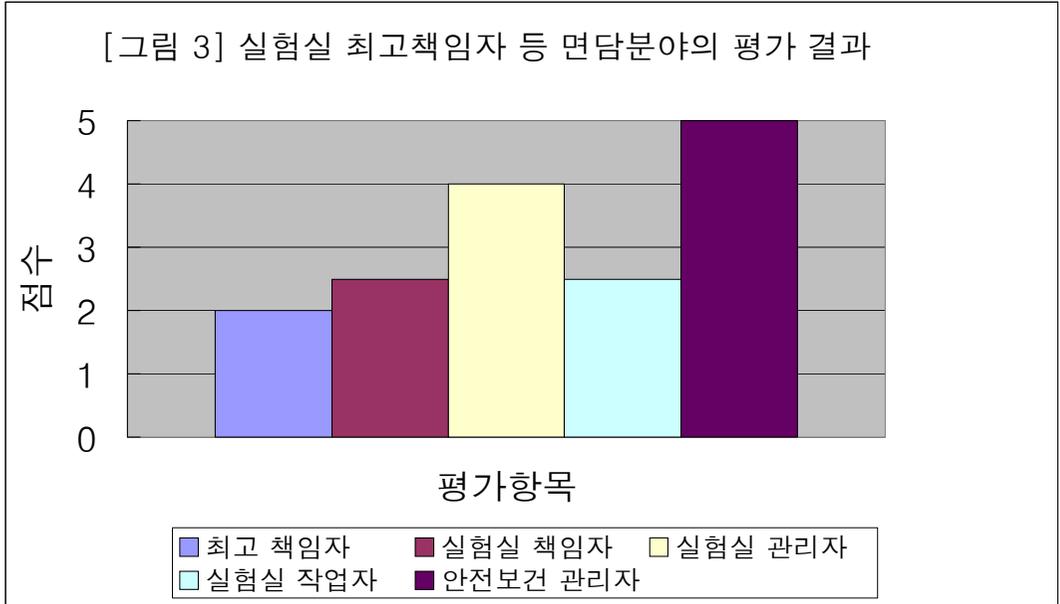
가 : 감 사

나 : 최고 책임자의 검토



- | | | |
|------------|------------|--------------|
| A : 일반관리 | B : 작업관행 | C : 안전수칙 |
| D : 중량물·운반 | E : 개인보호구 | F : 방호조치 |
| G : 자체검사 | H : 감전재해 | I : 접지상태 |
| J : 전기방폭 | K : 약품보관 | L : 가연성 액체 |
| M : 압축가스 | N : 폐기물 처리 | O : 환기장치 |
| P : 안전장치 | Q : 소방설비 | R : 물질안전보건자료 |
| S : 재해조사 | T : 비상연락체계 | |

[그림 3]은 실험실 최고책임자 등의 면담 분야 평가 결과를 나타내었다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 이 연구기관은 안전보건관리자의 임무의 숙지사항과 활동은 우수하나, 최고 책임자의 실험실 안전보건 정책 및 방침 등에 관한 인식이 부족함을 알 수 있었다. 따라서 실험실의 안전수준 향상을 위해 실험실 최고책임자의 안전에 관한 의식이 중요함을 알 수 있었고, 이를 통하여 실험실 최고 책임자 등의 분야별 문제점을 도출하여, 자율적인 개선이 필요한 부분을 쉽게 파악할 수 있다.



나. 실험실 안전수준 종합평가와 적용 방안

분야별 실험실 안전수준 평가 점수를 부록 2에 나타내었으며, 이를 이용하여 실험실의 안전수준 등급을 평가하였다. 앞에서 언급한 <표 8>과 같은 실험실 안전수준 결과 평가표에 각 분야별 얻은 득점을 배점과 가중치를 고려하여 실험실 안전수준 등급을 산출하기 위해 K원의 실험실 안전수준 결과 평가표를 <표 9>에 나타내었다. <표 9>의 결과 평가표에 의하면 K원의 실험실 안전수준 등급은 <표 7>에서 보는 바와 같이 2단계로 실험실 안전보건수준이 현재 아주 미흡한 상태이므로 시급히 안전보건에 대한 안전 전문가의 자문과 함께 개선이 필요한 기초 단계인 것으로 나타났다. <표 9>를 참조하여 평가 분야별 실험실 안전수준을 [그림 4]에 도시하였다. 그림에서 보는 바와 같이 K원은 실험실 안전보건위험 수준 분야가 상대적으로 낮아 실험실의 안전수준 향상을 위해 이 분야에 대한 적절한 투자가 필요한 것으로 사료된다. 따라서, 이러한 실험실 안전수준 평가 방법에 따라 평가함으로써 현재 실험실의 안전수준 과 약하여 개선이 필요한 분야에 투자를 함으로써 자율적인 실험실 안전수준 향상에 기여할 수 있을 것이다.

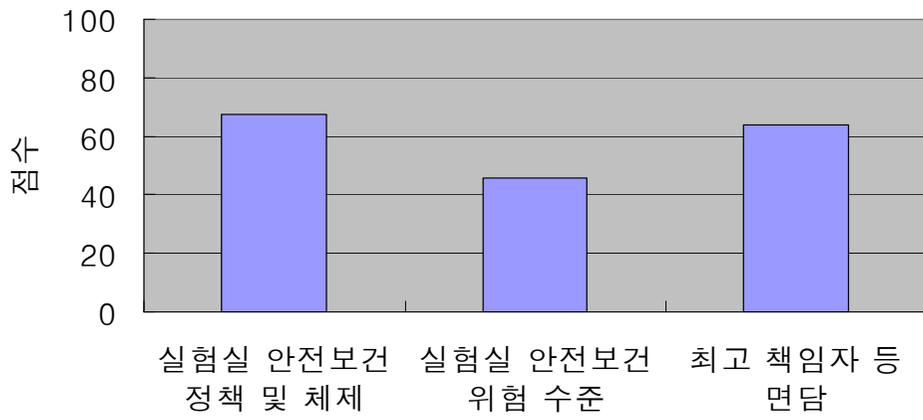
실험실의 안전수준 평가 적용상 문제점으로는 실험실 최고 책임자 등의 면담이 어려웠으며, 신뢰성 있는 안전 수준 등급 결정을 위해 실험실의 안전보건위험수준 실태 조사시 많은 시간이 소요되었다. 또한, 본 연구에서 개발한 안전수준 점검 평가표가 기업 부설 연구소나 대학, 전문 연구기관 등 다양한 실험실에 적용하기 위해서는 각 평가항목 내용을 실험실의 특성에 따라 적용해야 될 것이다. 이를 적용하기 위해서는 다양한 사례연구를 통해서 실험실 안전수준 평가 방법상의 문제점을 보완해야 될 것으로 사료된다.

실험실 안전수준의 효율적인 평가 방법은 실험실의 안전수준 점검·평가표를 실험실 보유기관이 안전수준 향상을 위해 필요에 따라 3개의 분야중 1개 혹은 2개 분야를 선택해서 실험실의 안전보건 수준을 평가하여 자율적인 실험실 개선을 유도할 수 있도록 사용할 수 있다. 종합적인 실험실의 안전수준을 알기 위해서는 3개 분야 모두를 점검하여 실험실의 안전등급을 평가할 수 있다. 실험실 보유기관 자체의 실정이나 규정에 따라 안전수준 등급을 부여함으로써 현 실태를 파악하여 개선하고자 할 때, 목표 등급을 정해서 실험시설 등을 개선하여 실험실의 안전 수준을 향상시킬 수 있다. 본 연구에서 개발한 실험실 안전수준 점검·평가표를 활용하여 실험실 보유기관이 자율적인 실험실 안전수준 등급을 평가하여 문제점을 개선함으로써 안전수준 등급을 향상시킬 수 있도록 노력할 때 실험실 사고 예방기여 할 것으로 사료된다.

<표 10> K원의 실험실 안전수준 결과 평가표

구 분		배점 (x)	득점 (y)	가중치 (f)	계 산*		등 급 (R)
					분야점수(z)	종합점수(T)	
총 득점		200	103	100		51.8	★★
분 야 별	실험실 안전보건 정책 및 체제	75	50.5	20	67.3	13.5	
	실험실 안전보건 위험수준	100	45.6	70	45.6	31.9	
	실험실 연구책임자 면담	25	16	10	64.0	6.4	

[그림 4] 실험실 안전보건 평가 분야별 안전수준



4. 결 론

실험실의 안전수준 향상을 위한 실험실 안전수준에 관한 이론적 고찰과 함께 실험실의 안전수준에 관한 평가항목을 도출하여 실험실 안전수준 점검·평가표를 개발하였다. 실험실 안전수준 평가·적용을 위해 K원을 대상으로 사례 연구를 하였으며, 이는 실험실의 안전수준 점검 및 평가표에 의한 현장실태 조사와 인터뷰를 통해 수행하였다. 이를 통해 각 분야별 실험실 안전수준의 파악으로 실험실의 안전수준 종합등급을 제시할 수 있었다. 여기서 파악된 분야별 안전수준에 대해서 자율적으로 실험실의 안전성을 확보할 수 있는 방법을 제공하였다. 종합적인 실험실의 안전수준을 파악하기 위해서는 본문에서 언급한 실험실의 안전 수준에 관한 3개 분야 모두를 점검하여 실험실의 안전등급을 평가할 수 있었다.

본 연구에서 개발한 실험실 안전수준 점검·평가표를 활용하여 실험실 보유 기관이 자율적인 실험실 안전수준 등급을 평가하여 문제점을 개선함으로써 안전수준 등급을 향상시킬 수 있도록 노력할 때 실험실 사고 예방기에 할 것으로 사료된다. 또한, 여기서 제시한 실험실 안전수준 평가방법을 통하여 실험실의 안전수준을 향상시킬 수 있고, 실험실의 통합적 안전관리 방안을 위한 방법을 제공함으로써 자율적인 실험실 사고예방에 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 김두환, 이근원(2000). 연구실의 환경 및 안전성 확보를 위한 정책연구, 기획-99-07, 한국과학재단.
2. 이근원(2001). 실험실의 위험성평가 기법 개발, 연구원 2002-15-15, 한국산업안전공단 산업안전보건연구원.
3. 한국산업안전공단(2002). KOSHA 2000 프로그램, 교육원 2002-59-155, 2002.
4. Louis J. Diberardinis et. al.(2001). *Guidelines for laboratory design health and safety considerations*, John Wiley & Sons, Inc., 2001.
5. Ngoc B. Le, Anthony J. Santay, and John S. Zabrenski(1988). Laboratory safety design criteria, *Plant/Operation Progress*, Vol.7, No.2, pp.87 - 94.
6. OECD(1988). OECD series on principles of good laboratory practice and compliance monitoring, No.1, OECD principles of good laboratory practice, Paris.
7. OECD(1988). OECD series on principles of good laboratory practice and compliance monitoring, No.11, The role and responsibilities of the sponsor in the application of the principles of GLP, Paris, 1998.
8. OECD(2002). OECD Series on principles of good laboratory practice and compliance monitoring, No.13, The application of the OECD principles of GLP to the organisation and management of multi-site, Paris.
9. Thomas A. Ratliff(1990). *The laboratory quality assurance system*, Van Nostrand Reinhold, New York.