

2003년 전기재해 통계 분석

- 감전사고 발생 현황

황병표 | 한국전기안전공사 연구과정

1. 개요

본 통계자료는 2002년도의 변사사고 처리자 중 감전사망자에 대한 전국 경찰서의 조사결과와 감전사고로 병원에 입원 치료하였거나 입원 중인 자에 대한 병원 치료기록을 기초로 하여 생산하였다.

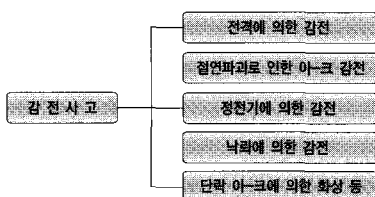
본 자료의 이용도를 높이기 위하여 세부적인 통계가 될 수 있도록 노력하였고, 경찰서와 각 병원에서 조사된 자료의 중복을 피하기 위해 주민등록번호를 조사하였다. 경찰서에 변사사고 신고 처리부 내용을 발췌하여 성명, 성별, 연령, 직업, 사고전압, 사고일시, 사고 장소, 사고 개요 등 9개 항목을 조사하였으며, 병원의 환자 차트에서 성별, 연령, 직업, 사고일시, 사고 장소, 사고전압, 당시 행위, 감전경로, 부상 정도, 입원기간, 치료결과, 보험종류, 사고 개요 등 16개 항목을 조사하였다.

2. 감전사고의 특성

일반적으로 감전사고라 함은 전기에너지에 의한 인적 피해를 총칭하고 있어 상용 전력에너지 외에도 정전기 및 낙뢰에 의한 사고를 포함하고 있다.

감전사고의 형태는 아래와 같이 구분할 수 있다.

[감전사고의 형태]



이 가운데 감전사고를 발생시키는 주된 원인을 살펴보면 다음과 같다.

- 인체가 활성 상태의 노출된 전선 또는 전기설비에 직접 접촉되어 감전경로가 형성되어 지락사고를 유발시키는 사고
- 기기의 결함 등으로 누전되는 전기설비 또는 철 구조물에 접촉되어 인체에 감전경로가 형성되는 사고
- 고압이나 특별고압 부분에 인체가 근접되어 공기의 절연이 파괴되어 인체를 통해 전류가 흐르거나 아크 열에 의해 감전화상을 당하는 사고
- 주변 환경에 의해 발생된 정전기의 전기에너지가 인체를 통해 방전될 때 그에 따른 2차 사고 유발
- 낙뢰의 전기에너지가 인체를 통해 방전되었을 때
- 정전유도 및 보폭전압 등에 의하여 발생하는 사고

인체가 전격(電擊)을 받게 되면 경미한 쇼크로부터 심장마비까지 이르러 사망하거나, 화상을 입게 되고, 화상이 심하면 사망에 이르게 되며, 또한 전격에 의한 쇼크로 넘어지거나 추락하여 부상을 당하는 2차 재해가 발생한 경우가 있다.

감전에 의해 사망에 이르는 주요 요인은 다음과 같다.

- 전류가 심장부로 흘러 심실세동에 의한 혈액순환 기능 장애가 발생
- 전류가 뇌의 호흡 중추부로 흘렀을 때 호흡기능에 장애가 발생
- 전류가 흉부에 흘렀을 때 흉부의 수축으로 인한 질식

한편, 감전에 의한 부상사고의 형태는 전류가 인체를 통전하였을 때 인체 내부조직의 저항에 의한 줄(Joule)열에 의한 화상과 아크 및 스파크에 의한 수천도의 고열로 인한 화상, 전도, 추락에 의한 2차 재해 발생과 복합 재해 발생이 있으나 대부분 줄열이나 아크에 의한 화상사고인 것으로 나타났다.

전기로 인한 화상사고 중 아크열에 의한 화상사고는 단백질

이 응고되어 피부와 근육 등의 조직 파괴 현상이 일어나고, 또한 아크나 스파크에 의한 화상은 금속이 고열로 용융하여 가스(Gas)화되면서 피부 표면에 부착 침투되는 등 뜨거운 물에 의한 화상 부위와는 부상의 형태가 판이하게 달라 환자의 치료에 많은 시간이 걸리며 전문적인 치료 방법이 요구된다.

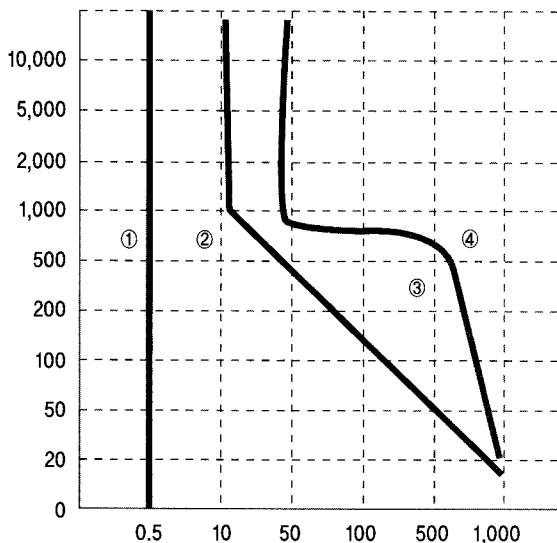
3. 감전사고시 인체에 미치는 위험 요소

가. 감전사고시 인체에 미치는 위험 요소는 다음과 같다.

- (1) 통전전류의 크기(인체에 흐르는 전류의 값)
- (2) 통전의 시간과 전격의 위상
- (3) 통전경로 : 전류가 흐르는 인체의 부위, 특히 심장을 통과하게 되면 심장에 충격을 주어 심실세동 현상을 일으켜 이것에 의해 사망의 주된 원인이 된다.
- (4) 전원의 종류 : 직류보다 상용주파수의 교류전원이 더 위험하다.

한편, 인체에 대한 전격의 영향은 크게 2가지로 나눌 수 있다. 첫째는 전기에너지가 신경과 근육을 자극해서 정상적인 기능을 저해하는 것으로서, 신경과 근육에 전기신호가 가해져 근육의 수축 또는 심실세동을 일으키는 현상이다. 둘째는 전기에너지가 생체조직의 파괴, 소손 등 구조적 손상을 일으키는 것이다.

나. 통전전류의 크기와 생리적 영향



(1) 영역① : 최소 감지전류
통전전류의 크기가 어느 한계 값 이하인 경우 인체가 느끼지 못하고, 이 값 이상이 되면 전기충격을 느끼게 되는데, 이 전류 값을 최소감지전류라 부르며 직류는 2~5mA이고, 상용주파수 교류에서는 0.5~1.0mA 정도가 된다.

(2) 영역② : 이탈전류(고통전류)
통전전류가 감지전류의 한계를 넘게 되면 점차로 고통을 느끼게 되고, 이 고통을 참을 수 있으면서 생명에는 위협이 없는 한계의 전류로 교류에서는 약 7~8mA 정도가 된다.

(3) 영역③ : 불수전류(마비한계전류)
통전전류가 이탈전류의 한계를 넘게 되면 전류가 흐르는 부위의 인체는 근육이 경련현상을 일으키거나 신경이 마비되어 운동을 자유롭게 할 수 없게 되므로 자력으로는 위험 지역을 벗어날 수 없게 되는 전류로, 직류는 약 60~90mA, 교류는 약 10~15mA 정도이다.

(4) 영역④ : 심실세동전류(치사전류)
인체에 흐르는 전류가 불수전류 한계를 넘고 전류의 일부가 심장부분을 흐르게 되면 외부에서 심장에 별도의 전압이 가해져 심장계의 펄스전압에 이상을 주어 심장제어계가 교란 또는 파괴되어 심장이 정상적인 박동을 하지 못하고 불규칙적인 세동으로 혈액의 순환이 순조롭지 못하게 된다. 이런 현상을 심실세동이라 하며 통전전류가 차단되어도 심장박동이 자연적으로 회복되지 못하며 이 상태를 그대로 방치하여 두면 수분 내로 사망하게 된다. 그러므로 감전으로 인한 사망의 대부분은 심실세동에 의한 사망사고이다. 심실세동에 관한 통전시간과 전류치의 일반적인 관계식은 다음과 같다.

$$I = \frac{165}{\sqrt{t}} \text{ [mA]}$$

다. 통전경로의 영향

인체 감전시의 영향은 전류의 경로에 따라 그 위험성이 달라지며, 전류가 심장 또는 그 주위를 통하게 되면, 심장에 영향을 주어 더욱 위험하게 된다. 즉, 인체에 전류가 통과하게 되면, 심실세동이 일어날 수 있는 것은 물론이고, 통전경로에 따라서는 그 보다 낮은 전류에서도 심실세동의 위험성이 있으며 이에 대한 것을 심장전류계수로 나타내면 다음과 같다.

- 왼손 - 가슴(심장전류계수 1.5)

- 오른손-가슴(심장전류계수 1.3)
- 왼손-한발 또는 양발(심장전류계수 1.0)
- 양손-양발(심장전류계수 10)

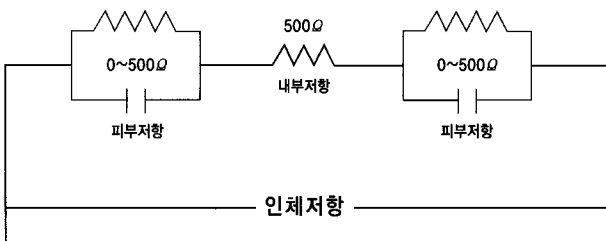
심장전류계수가 높을수록 위험한데, 예를 들면, 왼손과 가슴 간에 53(mA)의 전류가 통전될 때와 왼손과 양발 사이에 80(mA)의 전류가 흐를 때의 위험도가 서로 같다.

왼손과 가슴(심장)으로 전류가 통과할 때 가장 위험하고, 오른손보다는 왼손이 통전경로가 되는 경우 심장을 통과할 가능성이 높으므로 더 위험하다. 따라서 심장에서 거리가 먼 오른손으로 조작하는 것이 그나마 사고를 줄일 수 있다. 위의 53(mA)와 80(mA)가 같은 이유는 심장전류계수를 곱하면 확인할 수 있다.

라. 인체의 전기저항

전기 충격에 의한 위험도는 통전전류의 크기에 의하여 결정되며, 이 전류는 옴의 법칙에서 전압을 접촉전압으로 했을 경우 인체의 전기저항에 의하여 결정된다. 인체의 저항은 피부저항과 내부저항의 합으로 나타내며, 전압의 크기에 따라 변화된다. 상용 전압을 기준으로 했을 경우 최악의 상태를 감안하여 약 1,000Ω 정도로 보고 있으며, 피부가 건조할 때에는 이보다 약 20배 정도 증가한다. 신체가 물에 젖어 있을 때에는 이보다 약 20배 정도 감소한다.

[인체의 전기적 등가회로]



한국인의 인체저항의 평균값은 다음과 같다.

- 오른손 - 왼손(大) 건조 상태에서의 인체저항 평균값은 35,102Ω이다.
- 오른손 - 왼손(大) 젖은 상태에서의 인체저항 평균값은 9,232Ω이다.
- 왼손 - 양발, 양발착용 건조 상태에서의 인체저항 평균값은

26,675Ω이다.

- 왼손 - 양발, 맨발 젖은 상태에서의 인체저항 평균값은 10,052Ω이다.

한편 보통 인체저항은 다음과 같다.

- 피부 저항 : 약 2,500Ω
- 내부 조직저항 : 500Ω
- 발과 신발 사이의 저항 : 1,500Ω
- 신발과 대지 사이의 저항 : 700Ω

전체저항은 약 5000Ω이며, 이것은 피부가 젖은 정도 및 인가전압의 증가로 인해 약 500Ω까지 감소한다는 관련 이론이 있지만, 실제 건조상태에서 신발을 착용한 경우 오른손-왼발의 측정결과 저항값이 무한대(∞)로 측정되었다.

일반적으로 피부가 젖어있는 경우, 건조한 경우에 비해 피부 저항이 약 1/10 정도 감소한다는 미국 화재보험협회의 실험 결과와 또 다른 연구 결과에 의하면 땀이 난 경우 1/12~1/20, 물에 젖은 경우 1/25 정도로 인체저항이 감소한다. 그러나 피 측정자를 대상으로 실시한 측정 결과를 보면 신발을 착용한 상태에서 오른손-왼손의 건조 상태와 젖은 상태와의 인체저항 감소비는 평균 1/4~1/5 정도인 것으로 나타났다.

맨발인 상태에서는 손과 발 사이의 건조 상태와 젖은 상태에서 인체저항 감소비를 보면 약 1/2.02~1/2.28 정도인 것으로 나타났다.

오른손-왼손 건조 상태의 측정결과를 보면 평균 35,000Ω이 측정되었다. 개인차를 고려한다고 하더라도 AC 220V 전압이 인체에 인가된다면 약 1/50이 감소한다는 외국의 연구 결과에 의하여 본 실험에서는 약 700Ω 정도의 저항이 유지된다는 것을 알 수 있다. 그러나 외국의 연구 문헌에 의하면 약 2,000Ω 정도가 남아있다는 것과는 많은 차이를 보인다.

본 실험을 통하여 Freiberg의 감전의 전류경로인 손에서 발을 대상으로 하여 인체에 대한 저항치를 측정하여 피부가 건조한 경우가 습한 경우의 저항비 보다 2~3배 높음을 확인할 수 있고, DC 12V의 테스터(Tester)를 가지고 측정했기 때문에 실제 감전사고 발생 가능성이 큰 교류 220V의 수치와는 차이가 있을 것으로 생각되는 부분이다.

4. 감전 사고시의 조치 사항

가. 감전자의 구출

감전사고시에는 응급조치가 필요하므로 우선 피해자가 접촉된 충전부나 누전된 기기의 전원을 차단하고 위험지역에서 안전한 장소로 신속히 대피시켜야 한다. 그렇지 않으면 구출자도 감전 재해를 당할 가능성이 크다.

감전사고가 발생하면 최우선적으로 전원스위치부터 차단해야 한다. 차단이 불가능할 경우에는 전선 등 감전부위로부터 감전자를 분리해야 한다. 또한 의식상태, 호흡상태, 맥박상태, 출혈상태, 골절의 유무 등 피해자의 재해 상태를 신속·정확하게 관찰해야 한다. 이때 구명시기를 놓치지 않기 위해 불필요한 시간을 소비해서는 안 된다.

나. 응급조치

전기충격의 가장 위험한 결과는 정상박동을 하던 심장에 전기적 충격이 가해져 생기는 심실세동 현상으로 인한 심장마비와 호흡정지이다. 전기충격 등에 의해 호흡이 정지되었을 경우 혈액중의 산소 함유량이 감소되기 시작하여 약 1분 정도가 지나면 산소결핍으로 인한 여러 증세가 나타나게 되는데 그 중에서 특히 뇌의 경우는 산소결핍에 대한 저항력이 아주 약하기 때문에 호흡정지 상태가 3~5분간 계속되면 그 기능이 마비되게 되므로 응급조치가 아주 중요하다. 단시간 내에 인공호흡 및 심장마사지 등 응급조치를 실시할 경우 감전사망자의 약 95% 이상을 소생시킬 수 있다.

(1) 응급조치 요령

① 인공호흡

ㄱ. 구강대 구강법 (Mouth to Mouth Method)

ㄴ. 구강대 비강법 (Mouth to Nose Method)

② 심장마사지(인공호흡과 동시에 실시)

심장마사지 15회 정도와 인공호흡 2회를 교대로 연속적으로 실시한다. 또는 심장마사지와 인공호흡을 2명이 분담하여 5 : 1 비율로 실시한다.

5. 감전사고 방지를 위한 예방 대책

산업안전보건법은 전기에 의한 사고를 방지하기 위하여 사업주는 충분한 조치를 취하도록 규정하고 있으며 사고가 발생했을 경우 직접 피해를 입는 위치의 근로자에게도 사업주가 취한 전기사고 예방 조치에 따를 뿐 아니라 전기사고를 방지하는 데 최대한 노력하도록 하고 있다.

즉 전로 또는 지지물의 설치나 점검 또는 수리, 도장 등의 작업을 할 때에는 활선작업용 보호구를 착용하도록 하고 있으며, 고압 또는 특별고압 전선로의 단로기, 선로개폐기 등 개폐기로 사용하고 있는 전류를 차단할 수 없는 것을 개방할 때에는 당해 개폐기의 오조작을 방지하기 위하여 작업자는 전선로가 무부하임을 확인한 후에 조작하도록 하고 있다.

또한 작업자는 충전된 전선로에 접촉하거나 접근하여 작업을 하는 경우 충전된 전선로와 머리와의 거리가 30cm 이내 이거나 신체와의 수평거리 또는 발아래의 거리가 60cm 이내로 접근하여 감전의 위험이 발생할 수 있는 경우는 충전된 전선로를 단전시킨 후에 작업을 하여야 한다.

가. 일반적인 사항

(1) 위험 표지가 있는 장소에는 가까이 하거나 손을 대지 말아야 한다. 또한 관계자 이외에는 변전소, 전기변전실 등에 출입하지 않아야 한다.

(2) 취급책임자 외는 스위치, 변압기, 전동기 등의 전기기계 장치에 손대지 않는다. 자기의 부상뿐만 아니라 동료 근로자에게 부상을 시키는 일이 많다.

(3) 전등의 코드를 못, 쇠붙이에 걸지 않는다.

(4) 젖은 손, 맨발로 직접 전기기기나 배선 등에 닿지 않아야 한다. 발바닥이 젖어 있거나 장을 박은 구두를 신고 있을 때에도 위험하다.

(5) 전구에 종이, 형광을 덮지 않는다.

(6) 전기기계기구의 청소는 항상 스위치를 개방하고 실시해야 한다.

(7) 보수는 반드시 전기담당자에게 의뢰한다.

(8) 피복절연전선이라도 고열이나 습기로 절연불량이 되는 경우가 있으니 주의하여야 한다.

나. 스위치 취급의 감전사고 예방대책

- (1) 스위치의 안전커버를 개방한 채로 두면 안 된다. 감전이나 퓨즈 용단시 화상을 입거나 화재의 염려가 있다.
- (2) 스위치함 속이나 근처에 물건을 두지 않는다.
- (3) 퓨즈는 규정치를 사용하며 교체는 담당자가 한다.
- (4) 스위치의 개폐는 오른손으로 하며 왼손은 그 이외의 것, 특히 금속에 닿지 않도록 한다.
- (5) 스위치의 개폐는 완전하게 한다. 접촉이 불량할 때에는 스파크에 의한 화상을 입거나 진동으로 스위치가 들어오거나 또는 절단되는 위험이 있다.
- (6) 작업종료 또는 정전시에는 반드시 스위치를 개방한다.
- (7) 스위치를 넣을 때는 작동되는 기계 주위의 안전을 확인하고 상호연락 등을 한다.
- (8) '위험표지' 나 '고장 수리중' 표찰이 걸려 있는 스위치는 절대로 손대지 않는다.

다. 가정집이나 생활환경에서 감전사고 예방대책

- (1) 물을 사용하는 욕실이나 다용도실은 가능한 모발건조기, 전기면도기 등 전기제품을 사용하지 않는다(모발건조기는 미국에서는 누전차단기를 의무적으로 건조기 안에 설치하도록 법령으로 규제하고 있고, 욕실에서의 전기면도기 사용은 가능한 충전용으로 사용하는 것이 감전사고를 방지할 수 있다).
- (2) 물이 젖은 손으로 전기제품을 사용하지 않도록 한다.
- (3) 욕실이나 다용도실에 세탁기 등 전기제품을 쓸 경우 반드시 신발을 신도록 한다.
- (4) 세탁기 설치시 반드시 접지선을 수도꼭지에 연결시켜 접지한다.
- (5) 접지기능이 있는 멀티 탭을 사용하도록 한다(최근에는 누전차단 및 경보장치 기능이 있는 것도 나오고 있다).
- (6) 어린이가 있는 경우 콘센트 구멍에 젓가락 등을 끼워 넣을 수 없도록 주의한다(필요에 따라 구멍이 막히거나 구멍을 막을 수 있는 장치들이 많이 나오고 있다).
- (7) 보도에 설치된 조명간판에 의한 감전사고는 접지가 되어 있지 않는 전원에 멀티 탭을 사용하였거나, 전원은 접지가 되었는데 접지가 없는 멀티 탭을 사용하기 때문에 발생하기 쉽다.
- (8) 공사현장을 지나가는 경우 중장비 등에는 접촉되지 않도록 해야 한다. 사람들이 잘 알지 못하는 것 중의 하나가 감전사고는

고압선에 중장비가 접촉을 해서도 발생하지만 고압선에 의해 중장비에 유도전압이 걸려 감전되는 경우도 많다는 것이다. 이를 방지하기 위해서는 중장비를 접지시키고 또한 외부에서 중장비와의 접촉을 피해야 할 것이다(중장비를 조작하는 기사는 안전하다).

(9) 전철역이나 전기철도에서 낚싯대가 고압선로에 접촉되지 않도록 주의한다.

라. 생산 공장 등의 감전사고 예방대책

(1) 감전사고를 방지하기 위한 기본적 대책

- ① 설비의 안전화
- ② 작업의 안전화
- ③ 교육적 대책 등
- (2) 설비 측면에서의 대책
- ① 전로의 절연
- ② 충전부의 격리
- ③ 접지
- ④ 비접지식 전로채용
- ⑤ 누전차단기 설치
- ⑥ 이중절연기기 사용

6. 2002년 감전사고 발생 총괄

2002년도에 병원의 감전사고 치료기록과 경찰서의 번사사고 처리기록부에 의하여 조사된 감전사고자 수는 총 854명으로, 사망 87명과 부상 767명이 발생하였으며, 전년도와 비교하여 7.5%인 69명이 감소하였다.

이 가운데 감전 사망자는 87명으로, 34.1%인 45명이 감소하였으며, 감전부상자는 767명으로 3%인 24명이 감소한 것으로 나타났다.

[2001~2002 감전사고자 발생 비교]

구분 연도	계	사망	부상
2002	854	87	767
2001	923	132	791
증감	-69	-45	-24

7. 결론

2002년도 총 화재 발생건수 32,966건 중 전체 전기로 인한 화재가 11,202건으로 34.0%의 점유율을 보였으며, 감전사고의 경우에도 지난 한 해 동안 사망 87명을 포함하여 854명의 사상자가 발생한 것으로 나타났다.

전기재해의 대부분은 전기배선 등 부하설비에서 발생하는 것으로 나타났는데 이와 같은 이유는 부하설비의 종류가 다양화되고 전기사용량도 지속적으로 증가된 반면 부하용량의 증가에 맞춰 전기설비를 증설하지 않거나 노후화된 전기설비를 교체하지 않고 운용함으로써 발생하는 것으로 파악된다.

또한, 사회가 다양화되면서 날로 새로운 업종이 출현하는 반면 발 빠르게 관련 위험요인을 파악하고 시설 및 점검기준을 제정하여 그 기준에 따라 책임시공과 지속적인 안전관리로서 사고를 예방하여야 하나 현실정은 여러 이유로 그렇지 못한 게 현실이다.

특히 사회 전반적인 기류인 물질 만능주의의 팽배로 인하여 직접적인 효과는 체감할 수 없으나, 적지 않은 비용이 들어가는 안전에 대한 투자는 우선순위에서 뒤로 밀리는 경우를 우리의 주위에서 쉽게 경험할 수 있다.

전기재해에 대한 예방대책을 크게 세부분으로 나누면 첫째, 전기설비에 대한 완벽한 시공과 안전관리의 철저, 둘째, 전기재해의 위험성에 대한 대국민 홍보와 교육을 통한 안전의식의 고취, 셋째, 전기재해의 정확한 원인규명과 그에 따른 효율적인 예방대책을 세워야 할 것으로 판단된다.

가. 전기설비에 대한 완벽한 시공과 안전관리의 철저

부실시공의 근원적인 방지를 위해서는 최초 설치공사가 무엇보다 중요하므로 관련 법규에 의해 엄정하게 시공하고, 전기공사가 수반되는 간판이나, 인테리어 업체에서 실시하는 전기공사도 무자격자에 의한 임의시공을 차단할 수 있는 제도개선이 필요하다.

나. 대국민 홍보와 교육을 통한 안전의식의 고취

전기재해 원인을 살펴보면 노후설비의 방치나 사고자의 안전의식 결여에 기인하는 경우가 대부분이므로 전기안전에 관한 대국

민 홍보와 교육을 강화하여 인적요인에 의한 전기사고를 예방해야 한다.

다. 전기재해의 정확한 원인규명과 효율적인 예방대책의 시행

전기재해가 발생하면 전문가들이 참여하여 과학적인 사고원인 규명으로 과거의 사고사례를 전기재해 취약 요소에 피드백(Feedback)하여 유사사고 재발방지를 위한 정책수립의 기초 자료로 삼아 예방대책의 효율성을 기해야 할 것이다.

이상과 같이 전기재해 예방대책을 살펴보았으나, 전기안전에 대한 국민의식 수준의 향상 없이는 전기재해의 감소는 요원하므로 국민 스스로 소득수준에 걸맞은 성숙된 전기안전 의식과 책임 있는 전기인의 자세가 재난으로부터 우리를 보호할 수 있는 큰 요인이 될 수 있을 것이라고 생각한다.