論文 11-3-22

재해빈발성향 연구에 대한 역사적 변천의 고찰

Historical Review on the Occupational Accidents Proneness

심 종 칠*·김 창 은**·花 安 繁 郎***
Jong-Chil Shim · Chang-Eun Kim · Shigeo Hanayasu
(1995년 9월 13일 접수, 1996년 9월 20일 채택)

ABSTRACT

Statistical analysis of occupational accidents plays an important role in establishing measures against accidents and for evaluating safety performance in work places. This research work, numerous numbers of research work have been conducted, which attemped to verify the existence of the concept of "accident proneness". Also researches have been developed in the fields of systems safety analysis and risk analysis to analyze the characteristics of occupational accidents. This paper presents a brief historical review of these research activities with particular emphasis on the statistical analysis of occupational accidents. Based on this review, further development needs in relation to the statistical research on the occupational accidents in the near future are discussed.

1. 서 론

산업안전 분야의 연구는 산업재해의 발생 특성 규명 및 재해 방지를 이루기 위한 생리학적·심리학 분석, 행동과학적 분석 연구를 시작으로, 사회·경제학적 분석 또는 안전을 위한 교육, 관리론 등 광범위한 영역의 연구가 이루어져 왔다. 광범위한 산업안전 연구중에서 재해 통계 분석에 관한 연구는 다양한 종류의 재해에 관한 기초적 정보를 제공하므로서, 이에 따른 문제점의 파악이나 안전대책의 설정 등 안전관리에 있어서의 의사결정이나 연구 전반의 방향을 나타내는 지표로서 중요한 역할을 하고 있다. 재해의 통계 분석 연구의 목적은 산업재해 발생특성과 기인된 원인을 규명하여 동종재해를 방지하고 인간의 생명과 물적재산을 보호하는 것이라 할 수 있다. 이러한 목적을 이루기 위하여 추후의 재해 통계의 분석 연구가 진행 될 방향과 과제를 명확하게 하는 것은 매우 중요한 것이다. 이를 위해서 지금까지 진행된 재해에 관한 통

* 명지대학교 대학원 산업공학과
** 명지대학교 산업공학과
*** 日本 勞働省 産業安全研究所

계학적 분석 연구 중에서 재해빈발성향은 재해 발생 원인의 중요한 요소가 된다. 따라서 재해빈발성향을 중심으로한 통계학적 분석 연구를 중심으로 한 역사적 변천을 概括하는 것은 추후 연구방향과 과제를 위해 큰 도움이 되리라 사료되어, 이를 조사하여 정리하였다.

2. 재해빈발성향 연구의 기원

산업재해의 발생특성과 원인을 규명하기 위한 통계적 연구는 20C 들어서 M. Greenwood, H. M. Wood 및 G. U. Yule[19,20]로부터라 할 수 있다. 이들은 제1차 세계대전하의 영국 軍需공장의 여자노동자에게서 발생한 산업재해를 조사하여, 이에 대한 발생 특성, 특히 작업자의 재해발생의 蓋然性(Accident Liability)에 관해서 3개의 가설적 통계분포 모델[偶然分布(Simple Chance Distribution), 偏倚分布(Biased Distribution), 非均等分布(Unequal Liabilities Distribution)]을 도입하여 고찰을 하였다.

확률분포 중에서 계산상 편리한 Pearson Ⅲ 타입의 분포(Gamma Distribution)를 채택하여 Poisson Distribution과의 복합화를 행한 결과 Greenwood-Yule 분포로 불리어지는 陰二項分布를 도출하였다.

Greenwood는 위의 군수공장에 있는 14그룹의 작업원들에게서 발생한 산업재해의 발생수 분포를 조사한 결과, 포아슨 분포는 적합하지 않고, 편의분포 또는 비균등분포(음이항분포)가 적합한것을 나타냈다. 그리고 이를 기초로 하여 재해방지에는 재해 개연성이 적은 작업원을 작업에 투입하거나 또는 재해를 많이 유발시키는 작업원을 조기에 작업에서 제외시키는 것을 유효한 대책인 것으로 하였다. 게다가 관측기간을 둘로 분할하여 전기 및 후기의 재해 발생의 상관계수를 구한 결과, 전기에서 무재해인 작업원을 제외하고 구한 상관계수가 全 작업원을 포함해 계산한 상관계수보다도 적은 점으로부터 비균등분포쪽이 편의분포보다도 적합하다고 관측하여, 최종적으로 이들의 조사 사실을 기초로 재해 발생수분포를 규정할 때에는 개개 작업원의 재해 성향의 변동이 고정되는 중요한 인자로 결론 지었다.

E. M. Newbold[11,12]는 電氣機器工場, 織物機器工場, 自動車工場, 菓子工場, 彈藥工場등 22종의 광범위한 제조공장을 선택하여 25개의 남자 작업원 그룹 6,938명, 14개 여자 작업원 그룹 2,024명을 3개월~3년 조사기간내에 일어난 산업재해 16,188건에 관해서 여러가지 각도로 산업재해의 조사분석을 한 결과

1) 재해는 소수 작업원에 의해 대다수의 재해가 발생하고 있고, 재해가 작업원 사이에서 우연히 일어나고 있다고 생각되지는 않는다.
2) Greenwood 등이 제안한 우연분포 이외의 2개의 분포중에서 편의분포는 적합하지 않고 비균등분포가 가장 적합하다.
3) 산업재해와 다른 종류의 재해와의 사이에서 상관관계가 나타난 것과 공장에서 재해와 가정에서 재해 사이에도 상관관계가 나타난 것 등의 많은 조사 결과로 부터 작업원 개개인에 대한 상세한 조사나 심리학적 조사연구를 행할 필요가 있다고 기술하였다.

E. Farmer 및 E. G. Chamber[9]는 심리학적 테스트 그리고 생리학적 테스트 결과와 재해발생과의 관련을 업종에 관한 조사 분석을 행하여, "運動感覺能力이 뒤떨어지는 사람에게 재해가 많다"라는 통계적 관계가 존재하는 것을 증명하고, 이 통계적 인과특성을 나타내기 위해 재해빈발성향(Accident Proneness)이라는 용어를 사용하였다. 재해빈발성향은 우리나라에서는 재해경향, 재해빈발성, 재해누발 등 여러가지 단어가 사용되어지고 있으나, 본 논문에서는 재해빈발성향이라고 하였다.

Farmer 및 Chamber[9]는 재해빈발성향에 대하여 "재해 개연성 보다는 좁은 내용을 의미하고 재해빈발성향을 가지는 것에 의해서 이상하게 높은 재해발생률로 되는 경향을 조장하는 개인적인 특이성"이라고 정의하였고, 재해 개연성이 재해발생률을 결정짓는 모든 요인을 포함하는 것에 대하여, 재해빈발성향은 작업원 개개인에게 관련된 요인으로 표현하였다.

Farmer 및 Chamber[10]는 자동차사고가 감마분포에 분포해 있지 않은 것을 근거로 하여, 자동차 운전수를 얼마간의 그룹으로 나눠서 심리·생리학 테스트의 결과를 기초로 재해와 개인의 심리·생리학적 특성과의 관계를 명확하게 하는 연구를 실시하여, 그 결과 일부 그룹에서의 운동감각능력이 떨

어지는 자가 높은 재해발생률을 나타내는 것과 관측기간을 길게 실시한 결과 다수의 사고를 일으킨 자는 그 후에도 높은 발생률을 나타내는 경향이 있는 점 등으로부터, 재해빈발성향은 재해발생 원인으로 중요한 요인이며, 재해의 종류나 작업조건에 관계없이 재해빈발성향은 恒常的으로 존재한다고 주장하였다.

Farmer 및 Chamber에 의해 제안된 재해빈발성향은 많은 심리학자나 생리학자에 의해 그 후의 연구는 작업원의 신체적기능이나 심리적·정신적 특성과 재해와의 관련을 탐구하는 것이나 재해빈발자를 진단하는 테스트법의 개발에 역점을 두었다.

C.S. Slocombe와 E.E. Brakeman[8]는 보스톤에서 철도운수회사의 운전조작에 종사하는 작업원 86명을 재해 다발자 그룹과 재해 유발 가능성이 있는 그룹 2개의 군으로 나누어서 11종류의 심리학 테스트에 실시하였다. 그 결과 개개의 테스트 결과와 재해와의 상관은 낮았지만, 합계한 값과의 상관은 높아 빈발자 진단에 유효한 결과를 얻은 것을 기술하고 있다. 같은 방식으로 일본에 있어서는 재해발생 원인에 심리적 측면으로부터 검사를 추가하여, 작업원의 재해빈발성향을 여러가지 심리학 테스트 등을 통해서 측정하는 시험이 행하여졌다[26,29].

3. 재해빈발성향 연구의 발전

이들 연구의 대부분이 재해빈발성향의 존재를 인정한 상태에서 각종 심리·생리학적 테스트의 결과와 재해의 상관을 찾는 것이었으나, 문제는 실험자를 재해다발자 그룹과 재해 유발 가능성이 있는 그룹으로 나눠서 테스트를 행하고 그 결과의 차를 검정 하는 것이었다. 그러나 전체적으로 검정을 행하지 않은 채로 테스트의 결과를 주장하여, 결국 확정적인 결론이 얻어지지 않은 것도 있고, 재해빈발성향 연구에 대하여 재 검토가 시행되게 되었다.

A. Mintz 및 M.L. Blum[1]은 심리학 연구자의 대다수가 포아슨 분포와의 적합도 검정을 행하지 않고, 소수의 노동자에 의해 대부분의 재해가 발생하고 있는 것을, 단순히 이를 근거로하여 재해빈발성향이 과도로 강조되어 있다고 주장했다. 재해의 분포가 비균등 분포에 적합해도, 데이타의 全 변동의 20~40%가 재해개연성의 변동에 의한 것이고, 남은 60~80%는 예지할 수 없는 우연변동인 것을 분산분석에 의해 나타내어 재해발생 요인분석 연구에서 재해빈발성향이 과도로 강조되었음을 증명했다.

F.J. Anscombe[13]은 확률분포 도출점으로부터도 재해빈발성향의 존재가 근거로 있는 비균등분포(음이항분포)가 Greenwood-Yule 에 의한 포아슨 분포의 파라메타를 Pearson Ⅲ type 분포(감마분포)로 복합화하여 얻는 방법 이외에도

1) 출현률이 일정인 사상의 Bernoulli 시행에 있어서 복수개의 사상이 생길 때까지의 全 시행 횟수의 분포로써 음이항분포가 얻어진다.(일명 Pascal Distribution 로 칭하고 있다.)
2) 집락(集落; 몇 개의 개체가 모여진 집단)의 발생수분포가 포아슨분포에 따르는 한편 각 집락내에서의 개체수가 대수분포에 따를 때 개체총수의 분포는 음이항분포로 된다.(크메이뉴 모델)
3) 혹은 일정의 割合에서 출생하기도 하고 소멸하기도 하는 확률과정 특성을 가지는 개체총수의 분포가 음이항분포로 된다.(出生死滅過程)
4) 포리야 모델로 부터 도출된 포리야 엣켄 벨카 분포의 극한 분포로써 음이항분포가 얻어진다.

등 음이항분포는 대다수의 특정 요인을 가지고 있는 것이 명확히 확인되었다[27,28].

J.O. Irwin[15]은 작업원의 "재해 개연성이 과거에 일어난 재해수에 일차 비례해서 늘어난다"라는 가정에 기초해서 Greenwood가 제안한 재해발생수 분포가 음이항분포로 되는 것을 도입하였다. "작업원의 개연성이 재해에 의해 변화한다"라는 제 2의 모델로부터 조건이 갖추어지면 음이항분포로 되는 것이 나타난다. 결국 발생수의 분포가 설사 비균등분포로 불리어지고 있는 음이항분포를 잘 적용해도, 작업원 간의 재해 개연성이 非一樣的 것이며, 추가하여 재해빈발성향이 존재하는 것을 증명한 것은 아니었다. 이들 결과로부터 재해빈발성향 분석의 통계적 방법으로 종래의 1변수의 분석에 추가해서 관측기간을 전·후로 분할해서 그 상관계수를 조사하는 것이나 전기, 후기에서의 재해수의 분포를 2변수 분포에 의해 분석하는 방법이 도입·검토되게 되었다.

J.S. Maritz[18]는 상관을 가지는 2변수 포아슨 분

포를 사용하여 재해의 분석을 실행하여 전기, 후기 각각의 기간에서의 재해 발생수가 공통으로 포아슨 분포에 있어도 2개의 기간에서의 재해발생에 상관관계가 존재하는 것, 즉 단일기간에서의 발생수 분포가 포아슨 분포라도 재해개연성은 같지않은 경우, 연속한 2개의 기간에서의 상관관계를 조사하는 것이 중요하다고 주장하였다. Maritz는 전기와 후기의 재해발생수의 상관관계가 無상관이라도 각기의 재해발생수가 각각 음이항분포로 되는 경우가 있는 것도 나타냈다.

A.G. Arbous와 J.E. Kerrich[4]는 관측기간을 2분할해서 재해 발생수의 변화를 조사한 결과, 전기에서 재해가 많은 작업원이 후기에도 많은 재해를 발생한다고 할 수 없으며, 그 반대의 경우도 있다는 것을 증명하였다. 이들은 전기, 후기의 재해발생수를 동시에 분석하기 위해서는 이차원분포에 의한 분석을 필요로 하여, 포아슨 분포와 Pearson Ⅲ type 분포를 복합화하여 음이항분포를 만들고, 2변수로 확장해서 2변수 음이항분포를 도출하였고, 실제 발생재해(1937~1947년의 11년간 남아프리카공화국의 철도회사의 鐵道操車係 112명에게서 발생한 재해 274건)를 전기(1937~1942년의 6년간)와 후기(1943~1947년의 5년간)로 분할하여 분석을 하였다. 그 결과 2변수 음이항분포가 재해 데이타에 잘 적합해 있으며 同분포식의 파라메타를 사용해서 어떤 특정 건수의 재해를 일으키는 작업원의 재해개연성의 신뢰구간을 x^2 분포에 의해 추정하는 방법을 나타냈다. 그들은 Irwin이 주장한 "재해개연성이 재해발생수에 일차비례한다"라는 가정(傳播性모델)을 기초로하여 재해발생수가 음이항분포로 된 과정을 2변수의 경우에도 적용하여 같은 2변수 음이항분포에 도달하는 것을 나타냈다. 그리고 전파성모델에 있어서 "작업원이 작업장에 장시간 근무함에 따라 재해개연성의 증가로 재해를 일으킬 수 있다"라는 가정이 실제적으로는 불합리함에도 불구하고, 데이타에는 잘 적합하게 나타낸다고 해서, 단지 확률분포로의 적합결과로서 이러한 가정을 주장하는 것은 위험한 것이라고 지적했다. Kerrich는 Greenwood가 주장한 제 2모델, 즉 작업원의 재해개연성이 재해의 복잡성에 의해 변화하는 모델에 관해서 검토를 하여 "작업원이 1번 재해를 일으키면 이후 작업원은 작업을 할 때 신중히하여 이후의 재해개연성이 감소한다"라는 Burnt Finger Model로 불리어지는 가설적인 모델을 제안하여, 同 가설을 기초로 재해 발생수 분포식을 도출하고 일례의 재해사례를 적용해서 양호한 적합 결과를 얻었다.

A.G. Arbous와 H.S. Sichel[3]은 노동자의 출근 데이타를 분석하는 방법으로 2변수 음이항분포를 이용해, 관측기간이 같은 길이의 연속한 2개의 기간에서의 결근자 수의 분포를 행하였다. 분석에서는 2차원 분포의 평가를 덧붙여서, 전기와 후기와의 결근자 수의 상관계수, 2변수 음이항분포의 파라메타를 이용하여 전기의 결근자에 대한 후기의 결근자 수의 회귀식을 구하여, 전기의 결근자 수를 설명변수로서 후기의 결근자수를 추정하는 시험을 행하였다.

A.M. Adelstein[5]에 의한 남아프리카 공화국의 철도회사에서의 鐵道操車係 작업원에게서 발생한 산업재해를 분석한 연구사례는 각기 다른 기간에서의 재해발생수나 質 등의 내용물이 다른 재해와의 사이의 상관관계들을 조사하여 재해빈발성향을 분석한 연구의 대표적인 것으로, 앞의 Arbous, Kerrich에 의한 2변수 음이항분포를 사용한 분석 데이타에는 Adelstein이 수집한 재해데이타의 일부가 사용되었다. Adelstein은 1943~47년의 5년간에 1,442명의 작업원에서 발생한 1,452건의 산업재해 외에도, 작업원이 일을 끝내고 가정으로 돌아간 후 일어난 가정내 재해(Home injuries, 같은 5년간에 315명, 173건) 및 업무중에 발생한 사고로 작업원이 부상은 하지 않았지만, 탈선사고나 차선파손 등의 물적손해를 일으킨 재해, 3종류의 질이 다른 재해데이타를 수집해서 분석을 했다. 분석에서는 여러가지 집단의 재해발생수의 분포와 포아슨 분포 또는 음이항분포와의 적합성을 검토한 이외에, 동일 작업자의 업무상의 재해와 업무외 재해(가정재해)와 관련, 업무상의 부상재해와 물손사고와의 관련 등 여러가지 상관관계에 관해 분석한 결과는 다음과 같다.

1) 재해발생수의 분포 적합성은 많은 작업원 그룹의 재해발생수가 단독으로 포아슨 분포와 음이항분포에 동시에 적합하고, 음이항분포(비균등분포)쪽에 적합한 예는 1937~47년까지 11년간의 장기간에 걸쳐 발생한 재해나, 물적손실을 일으킨 재해에 국한 한 것이다.
2) 상관관계에서의 분석이라도 중상재해(휴업 7일

이상의 산업재해)와 경상재해(휴업 6일 이하의 재해)와의 상관(γ=0.102) 가정재해와 산업재해와 상관(γ=0.18, −0.03), 부상재해와 물손재해와의 상관(γ=0.03) 등 질이나 종류의 다른 재해와의 사이에서 명확한 상관관계는 나타나기 어렵고, 또 관측기간을 분할하여 전기와 후기의 사이에서의 동일재해의 상관관계를 조사해도 명확하게 나타내는 것은 불가능하다. (비교적 명확한 상관관계가 보여진 예로는 부상재해와 병과의 관련 및 물손재해가 시계열적으로 안정한 상관관계를 가지고 있는 것 등을 들 수 있다.)

3) 데이타 최초의 년에 높은 재해발생율을 보인 작업원을 제외하여, 다음해 이후의 재해발생율의 변화를 조사했을 때 high-risk 그룹의 작업원을 포함한 전체의 재해발생률이 거의 차이가 없었다.

Adelstein 은 협의의 재해빈발성향에 대한 설명으로 "각 개인은 작업환경 조건의 여하에 관계없이 일정하게 동시에 안정된 재해빈발성향을 가지고 있다"라는 기존의 사고 방식에 대하여 새롭게 노동자의 재해빈발성향은 보편적으로 일관성을 가진 인자(General and Consistent Factor)는 아니며, 설사 그것이 존재하더라도 우연성이 재해발생의 지배적 요인이고, 재해빈발성향은 실제적으로는 중요한 인자가 아니고, 동시에 특정 환경 위에 작용하는 작업원의 일상활동에 따라 변동하는 것이라고 주장했다.

P. Froggatt와 J.A. Smiley[21]는 재해빈발성향에 관한 연구에 대해 재검토를 행하고 과거의 Mintz, Arbous, Adelstein 등 대부분의 연구자에 의한 고전적인 재해빈발성향의 사고방식을 비판하고, 수정적인 사고방식을 다음과 같이 정리해서 기술하였다.

1) 재해데이타에 의해 관측된 재해빈발성향은 노동자가 작업장에서 작업에 종사한 시간의 경과에 대응해 변동한다.
2) 재해빈발성향은 재해를 다발한 약간의 한정된 사람에 의해서 구성되고, 관측하는 시간이나 기간에는 의존하지 않는다.
3) 재해빈발성향은 고정적 안정적인 실체가 아니라, 작업원 각각에 따라 다르고 동시에 시간의 경과와 함께 변동한다.

W.L. Cresswell과 P. Froggatt[25]는 Froggatt와 Smiley의 수정적인 사고를 감안하고, 고전적 재해빈발성향설을 대신하는 모델로 "Spell Model"이라는 가설을 제창하여 同가설을 기초로 확률분포와 실제의 재해와의 비교를 시험했다. 이 Spell Model로 "재해는 먼저 각 작업원이 재해를 일으키기 쉬운 상태가 되는 특정의 작업 시간대(Spell; periods of time)안에서 발생하며, 그 작업 시간대에서의 재해는 일정규칙에 따라 일어난다"라는 것이다. "Spell 자체의 분포도, Spell 안에서 발생한 재해도 공통적으로 적은 사상이고, 동시에 각각이 우연에 의해서 생긴다"라는 가정을 하고 있다. 게다가 "Spell이 일어나는 것은 어느 작업원도 같고(균등하고), Spell이 일어난 작업원의 Spell 내에서 재해발생에 대한 개연성도 모든 작업원이 같다"라고 가정했다. 이 모델에 있어서 재해발생수 λ의 포아슨 분포에 따라서 생기는 Spell 을 기초로 각 Spell 내에서 이제까지 포아슨 분포에 따라 발생한 재해수의 분포를 생각하여, 확률분포로는 J. Neyman이 1939년에 도출한 Netman type A 분포가 되지만[14], Spell Model의 同식은 "Long" 분포로 불리운다. 이 Spell 모델을 더욱 발전시켜, 재해가 앞의 Spell 기간 이외에 랜덤하게 발생하는 경우를 생각하여 Long 분포와 포아슨 분포를 포함한 3파라메타를 가진 "Short" 분포로 불려지는 새로운 확률분포를 도출했다.

Froggatt[22,23]는 Spell 모델에 의한 Long 및 Short 분포를 포아슨 분포나 음이항분포 등과 함께 사고 통계 이외에 결근자 수나 병원 방문자(아일랜드의 벨페스트 1962~64년에의 2,810명의 여성환자를 조사) 등의 분석에도 적용했다. Froggatt는 "재해를 포함한 이들 사상들은 단일 분포식에 의해 설명된 것은 거의 없으며, 설사 잘 분포에 적합하더라도 극히 제한된 데이타이기 때문에 재해빈발성향이 제한된 작업원에 작용한다 하더라도 일반적으로 고정적인 것은 아니다."라고 결론지었다.

J.O. Irwin[16]은 "Froggatt의 Spell Model에 의한 Long(Neyman type A) 분포가 Spell Model에 기초없이도 작업원의 재해 개연성이 포아슨 분포에 따른다"라고 가정하고, 재해발생분포의 포아슨 분포와 재해 개연성의 분포와 복합화하는 것에 의해서 얻을 수 있는 것을 나타냈다. 결국 Spell Model

이 재해발생성향 모델과 본질적으로는 차이가 없는 것을, 즉 빈발성향이 모델에서 나타날 수 있는 동일분포가 다소간의 성공적인 요인에 의해 도출된 것일지라도, 본질적인 차이가 없다는 것을 명확히 했다.

C.D. Kemp[7]는 Long 및 Short 분포에 대한 확률분포 특성과 분포식의 계산을 용이하게 하기 위해 Recurrence relationship와 파라메타 추정을 위해 蓮立最尤方程式을 도출했다. 뿐만아니라 Kemp[6]는 Greenwood부터 Froggatt에 이르기까지 재해빈발성향에 관련한 연구를 개괄하여

1) 재해방지의 실용적 관점에서 재해빈발성향이라는 개념은 역할로서 입증되는 것은 아니다.
2) 확률통계이론의 관점에서는 흥미있는 분야이며, 다른 분야에도 유용한 많은 성과를 기대하는 것이 가능하다. 라고 정리하였다.

인간과 오율(Human-Error)의 발생율을 예측하는 수법(THERP; Technique for Human Error Rate Prediction)의 개발에서 저명한 A.D. Swain[2]은 재해방지를 위한 방법으로서 2가지의 대조적인 접근방법에 대해서 검토를 하였다. 하나는 노동자가 안전하게 작업하기 위한 動機로서, 재해개연성이 높은 작업자를 발견해서 배제하는 방법(작업원의 동기에 의한 접근방법)이고, 다른 하나는 재해방지의 의무를 개개의 작업원에게 부과시키지 않고 재해개연성이 높은 작업상태를 검출하여 그것을 제거하는 것으로 보다 안전한 작업상태(Safety-Prone Work Situation)로 개선시키는 방법(작업상태 개선에 의한 접근방법)이다. Swain은 이 2가지 방법을 비교해서 작업자의 안전에 대한 동기는 중요하나, 그것에 의한 작업 개선의 방법은 과대평가 되어 있고, 또 재해빈발성향 자를 특정한 방법으로 대다수가 부적절한 것으로 평가하여 재해방지를 위한 노력보다는, 재해발생의 개연성이 높은 상태(Accident-Prone Situation)를 규정하여 그 개선 방법이 보다 합리적이며 동시에 더욱 효과적이다고 기술하고 있다.

化安[30~32]은 일본의 건설공사에서 발생한 산업재해의 분석을 하여 발생수 분포의 대부분이 포아송 분포에 따르고, 피해규모 분포는 파레트 분포를 따르고 산업재해에 대해서도 프랑크탈 이론을 적용 할 수 있는 것을 나타냈다. 그리고 근년의 건설공사 산업재해는 그 빈도 피해강도와 함께 일정의 통계 축에 따르고 통계적으로는 거의 랜덤에 가까운 상태로 발생하는 것을 명확히 하여, 그 분석결과 "재해방지를 위한 단독으로서 커다란 효과를 기대 할 수 있는 대책은 존재하지 않고 건설공사에 연결된 기획, 설계, 시공, 운용의 건설사업 전반을 통한 광범한 건설 매너지먼트로서의 안전대책을 실시하는것이 필요하다"고 기술하고 있다. 또한 化安[24]은 산업재해의 통계분석연구에 관한 흐름을 확률론적입장서 재해빈발성향을 분석한 연구를 중심으로, Heinrich 이래의 분석연구의 흐름에 관해서도 기술하였다. 그가 주장한 현재까지의 산업재해 통계분석연구의 흐름은 주로

1) 작업원의 심리적·생리적 요소가 재해발생의 주요한 요인으로 생각하는 연구로서 행동규범형 모델
2) 재해와 인간, 기계 및 주변환경의 요소로 구성되어 있는 시스템내에서 생기는 하나의 상태로 있고 이들의 요소와 그 결속을 변화시키는 것에 의해 재해발생 확률도 변동하는 것으로서의 연구인 상황규범형 모델

이라는 2가지의 사고방식을 기초를 전개하고 있다고 주장하고, 추후의 연구는 행동규범형 모델인 작업원의 고유의 심리적·생리적 요인과 재해와의 관련연구보다도 인간을 포함한 많은 요인과 재해의 상호관계(시간의 변동도 고려)를 명확히 하여 재해방지 및 피해억제로 결부해가는 상황규범형 모델의 사고 방식이 재해분석연구에 역점을 두어야 한다고 주장하였다.

이상 산업재해의 통계 분석 연구중에 재해빈발성향을 분석한 연구를 중심으로 기술하고, 이들 역사적 흐름을 Table 1로 정리하여 나타내었다.

산업재해의 통계학적 분석연구는 재해빈발성향이라는 인공적인 통계상의 개념을 축으로하여 여러가지 발전이 되었지만, 재해빈발성향 그것에 관해서는 그 실체의 불명확함, 각종 통계적 분석법에 의한 구별의 곤란, 재해발생에의 기여하는 정도의 불명확함(설사 존재한다해도) 등으로 재해요인으로서 크게 부각되어지는 것은 특별한 대책이 없고, 또 대책이 선정되더라도 세심한 주의가 필요한 것 등이 많은 연구자의 일치된 견해로서 현재에 이르고 있다.

Table 1 Some Important Events in the History of Accidents Proneness

YEAR	EVENT
1920	M. Greenwood and G. U. Yule : An Inquiry into the Nature of Frequency Distributions Representative of Multiple Happenings with Particular References to the Occurrence of Multiple Attacks of Disease or of Repeated Accidents.
1926	E. Farmer and E. G. Chamber : A Psychological Study of Individual Differences in Accident Rates.
1927	E. M. Newbold : Practical Applications of the Statistics of Repeated Events Particularly to Industrisl Accidents.
1930	C. S. Slocombe and E. E. Brakeman : Psychological Tests and Accident Proneness.
1949	A. Mintz and M. L. Blum : Are-examaination of the Accident Proneness Concept.
1950	F. J. Anscombe : Sampling Theory of the Negative Binomial and Logarithmic Series Distribution.
1950	J. S. Maritz : On the Validity of Inferences drawn from the Fitting of Poisson and Negative Binomial Distributions to Observed Accident Data.
1951	A. G. Arbous and J. E. Kerrich : Accident Statistis and the Concept of Accident Proneness.
1952	A. M. Adelstein : Accident Proneness, A Criticism of the Concept Based upon an Analysis of Shunters' Accidents.
1962	W. L. Cresswell and P. Froggatt : Accident Proneness, or Variable Accident Tendency.
1964	P. Froggatt and J. A. Smiley : The Concept of Accident Proneness A Review.
1964	J. O. Irwin : The Personal Factor in Accidents.
1967	C. D. Kemp : On a Contagious Distribution Suggested for Accident Data.
1970	C. D. Kemp : "Accident Proneness" and Discrete Distribution Theory.
1971	J. Surry : Industrial Accident Research.
1976	A. D. Swain : The Human Element in Systems Safety.

4. 결 론

이제까지의 재해통계분석 특히 재해빈발 성향에 관한 연구가 재해방지에는 도움이 되지 않았던 것이 적지 않게 지적되고 있으나, 이것은 통계학에 대한 인식의 차에 의한 것이라 생각된다. 확률통계 분석연구의 목적은 사업장에 있는 재해실태와 구조를 명확히하여 안전관리 등에 있어서 의사결정을 위한 정보를 제공하는 것에 있다. 그리고 재해통계 분석연구는 안전에 관한 구조특성 연구처럼 재해방지에 직접 기여하는 것은 아니라, 통계분석연구는 재해와 같은 불확적요소를 포함한 미지의 사상에 대해서 합리적인 의사결정을 행하기 위한 논리적, 思考 형성을 지원하여 적절한 방법을 지적하는 것이라 할 수 있다.

또한 통계분석연구는 많은 시간과 노력을 필요로 하기 때문에 적은 수의 전문가에 의해 연구가 행하여지고 있고, 쉽게 이해하기 어려운 점도 있기 때문이다. 따라서 이를 자칫 오인하면 재해방지의 목적과 수단이 혼동되는 것이다.

본 조사결과를 정리하여 산업재해 통계분석 연구중 재해빈발성향의 결과와 추후의 연구과제는 다음과 같다.

1) 재해빈발성향은 실용적 관점의 역할이 아니며, 설사 존재한다하더라도 거의 제한된 재해다발자이고, 대부분이 우연에 의한 요인이며, 위험작업환경, 개인의 작업시간 또는 상황에 따라 반응하는 각 계층간의 재해개연성과 깊은 관계가 있으며, 변동요인은 개인에 따라 차이를 일으키고 예측하기도 힘들다.

   예를 들면, 재해분석연구에 관해 인간공학 관점으로부터 광범히하게 재 검토를 한 J. Surry[17]는 재해빈발성향 분석 연구에 관하여 다음과 같이 정리하고 있다.

   ① 통상의 통계분석에 의한 재해빈발성향을 특정지우는 것은 한계에 이르러 곤란하다.

   ② 재해빈발성향이 존재한다고 가정하더라도, 개인의 작업시간 또는 상황에 반응하는 변동이, 즉 반응하는 약간의 계층, 노년층, 미경험자, 약물중독자 등과 같은 계층이 재해개연성에 깊이 관련되며, 변동요인은 개인에 따라 약간의 차이가 있고, 또한 예측하기에도 어려움이 있으며, 이에 따른 신뢰성도 극히 적다.

   ③ 재해빈발성향이 설사 존재한다 하더라도 거의 제한된 작은 수의 재해다발자를 나타내는 것이고, 재해 발생자수의 대부분의 요인은 우연에 의한 것이고, 다음으로 위험작업환경에 의한 것, 그리고 소수의 사람이 미

경험층과 고령화 등에 의한 재해개연성의 차이에 의해서 재해를 일으키고, 남은 소수가 재해빈발성향에 의한 자일 것이다.
라고 기술하고 있다.

2) 재해정보의 수집, 정리의 고도화에 관한 연구
각종 재해에 관한 정보를 수집한 후 이것을 데이타 베이스화하여 필요로하는 재해정보를 효율적으로 탐색·유출할 수 있는 시스템 개발에 충실하는 것이다. 안전·재해·사고 등에 관한 데이타베이스는 이미 일본에서는 몇개가 구축되어 공용으로 사용하는 것이 있다[7,14]. (일명 SAFE : 노동재해사례 검색데이타베이스) 그러나 산업재해에 관해서는 전국규모에서 정리된 데이타베이스는 시험적인 것을 제외하고 아직은 존재하지 않는다. 프라이버시나 기업비밀 등 많은 제한 상황이 있어서 이들의 문제를 극복하여 대규모 산업재해 데이타 베이스 구축의 노력이 요망되는 점이다. 이러한 데이타 베이스는 산업재해 빈발국인 우리나라에 있어서는 극히 필요로 하는 것이며 재해정보의 효율적 활용을 위해서는 꼭 필요한 사항이다.

3) 통계분석 안전전문가의 양성
현재 우리나라에서는 안전전문가의 양성이 시급한 실정이다. 현재 우리나라에서는 안전을 전문으로 하는 컨설트의 수도 적고, 또 사회적으로 필요성을 충분히 느끼면서도 중시되고 있지는 않다. 산업재해를 포함한 안전은 일반 사무부분에서 담당하고 있기 때문에 단순히 법규를 준수하고 이행하려는 노력에만 국한하여, 안전 본연의 목적인 생명을 존중하고 물적재산을 보호하려는 근원적 안전의 목적을 위한 노력에는 등한시 하는 편이다. 본 논문에서도 나타난 바와 같이 우리나라의 대표적인 시스템 분석 안전전문가의 주요 논문이나 실적이 드물고, 통계조사도 체계적으로 이루어지지 않고 있다. 조사를 통하여 안전대책이 통계측면에서 재해방지를 위한 분석결과와 효과적인 대책을 설정하기는 많은 어려움이 있으나, 기획, 설계, 시공, 운용 등의 전반적인 안전대책의 실시를 필요로 하기 때문에 이를 위해서는 전문가의 양성이 극히 필요하다.

참 고 문 헌

1) A. Mintz and M. L. Blum, Are examaination of the Accident Proneness Concept. J. of Applied Psychology, Vol. 33, No. 3, pp. 195~211, 1949.

2) A. D. Swain, The Human Element in Systems Safety, 1976, Industrial and Commercial Techniques LTD.

3) A. G. Arbous and H. S. Sichel, New Techniques for the Analysis of Absenteeism Data, Biometrika, Vol. 41, pp. 354~410, 1954.

4) A. G. Arbous and J. E. Kerrich, Accident Statistis and the Concept of Accident Proneness, Biometrics, Vol. 7, pp. 340~432, 1951.

5) A. M. Adelstein, Accident Proneness, A Criticism of the Concept Based upon an Analysis of Shunters' Accidents, J. of Roy. Stati. Soc., Series A, Vol. 115, pp. 354~410, 1952.

6) C. D. Kemp, "Accident Proneness" and Discrete Distribution Theory, Random Counts in Scientific Work, Vol. 2, pp. 41~64, 1970, Penn. State. Univ. Press.

7) C. D. Kemp, On a Contagious Distribution Suggested for Accident Data, Biometrics, Vol. 23, pp. 241~255, 1967.

8) C. S. Slocombe and E. E. Brakeman, Psychological Tests and Accident Proneness, Briti. J. of Psychol., Vol. 21, pp. 29~38, 1930.

9) E. Farmer and E. G. Chamber, A Psychological Study of Individual Differences in Accident Rates, Medical Research Council, Industrial Fatigue Research Board, Report No. 38, 1926.

10) E. Farmer and E. G. Chamber, A Study of Accident Proneness among Motor Drivers, In : W. Haddon Jr., et al, Accident Research, pp. 411~417, 1964, Harper and Row, New York, (Reprinted from Health Research Board, Medical Research Council, Great

Britain)
11) E.M. Newbold, A Contribution to the Study of the Human Factor in the Causation of Accident, In : W. Haddon Jr., et al, Accident Research, pp. 398~410, 1964, Haper and Row, New York, (Reprinted from Research Board, Medical Research Committee, Great Britain)
12) E.M. Newbold, Practical Applications of the Statistics of Repeated Events Particularly to Industrisl Accidents, J. Roy, Stat. Soc., Vol. 90, pp. 487~547, 1927.
13) F.J. Anscombe, Sampling Theory of the Negative Binomial and Logarithmic Series Distribution, Biometrica, Vol. 37, pp. 358~382, 1950.
14) J. Neyman, On a New Class of "Contagious" Distributions Applicable in Entomology and Bacteriology, Ann. Math. Statist., Vol. 10, pp. 35~57, 1939.
15) J.O. Irwin, Discussion on Chamber and Yule's Paper, J. Roy Statis. Soc., Vol. 7, pp. 101~109, 1941.
16) J.O. Irwin, The Personal Factor in Accidents, J. of Roy. Statis. Soc., Vol. 127, pp. 438~451, 1964.
17) J. Surry. Industrial Accident Research, A Human Engineering Appraisal, pp. 154~169, 1971, Labour Safety Council, Ontario Ministry of Labour.
18) J.S. Maritz, On the Validity of Inferences drawn from the Fitting of Poisson and Negative Binomial Distributions to Observed Accident Data, Psych. Bull., Vol. 47, pp. 434~443, 1950.
19) M. Greenwood and G.U. Yule, An Inquiry into the Nature of Frequency Distributions Representative of Multiple Happenings with Particular References to the Occurrence of Multiple Attacks of Disease or of Repeated Accidents, J. of Roy. Statis. Soc. Vol. 83, pp. 255~279, 1920.
20) M. Greenwood and H.M. Wood, The Incidence of Industrial Accidents upon Industrial with Special Reference to Multiple Accidents. In : W. Haddon Jr., E.A. Suchman and D.A. Klein, Accident Research, pp. 389~396, 1964, Harper and Row, New York, (Reprinted from Research Board, Medical Research Committee, Great Britain)
21) P. Froggatt and J.A. Smiley, The Concept of Accident Proneness, A Review, Brit J. Industr. Med., Vol. 21, pp. 1~12, 1964.
22) P. Froggatt, One-day Absence in Industry, J. Stat. Soc. Inq. Soc. Ireland, Vol. 21, pp. 166~178, 1965.
23) P. Froggatt, M.Y. Dudgeon and J.D. Merrett, Consultation in General Practice Analysis of Individual Frequencies, Brit. J. Prev. Soc. Med., Vol. 23, pp. 1~11, 1969.
24) Shigeo Hanayasu, Historical Review on the Statistical Analysis of Occupational Accidents, Research Reports of the Research Institute of Industrial Safety, RIIS-RR-93, pp. 100~103, 1994.
25) W.L. Cresswell and P. Froggatt, Accident Proneness, or Variable Accident Tendency, J. Stat. Soc. Inq. Soc. Ireland, Vol. 20, No. 5, pp. 152~171, 1962.
26) 桐原淑見, 上野義雄, 産業安全, 勞動基準書第3卷, pp. 301~310, 1948, 東洋書館.
27) 印東太郎, 確率び統計, pp. 104~113, 1967, コロナ社.
28) 增山元三郎, 少數例のまとめ方Ⅱ, pp. 590~595, 1976, 竹內書店新社.
29) 靑島賢司, 安全管理者のための安全管理學, pp. 68~76, 1973, オーム社.
30) 花安繁郎, 建設工事勞動災害の被害强度·規模特性に關する統計分析, 土木學會論文集, 第462號/Ⅳ-18, pp. 131~140, 1993.
31) 花安繁郎, 建設工事における勞動安全問題, 日經コンストラクション, 第90號, pp. 95~101, 1993.
32) 花安繁郎, 災害發生時間による安全水準の評價について, 土木學會論文報告集, 第301號, pp. 105~113, 1980.