한국환경과학회지 제19권(제7호), 917~929, 2010
Journal of the Environmental Sciences

철도기상사고의 통계적 특성

박종길 · 정우식[1)*] · 이만기[1)] · 김희만[2)] · 이재수[3)]
인제대학교 환경공학부, 대기환경정보연구센터, [1)]인제대학교 대학원 대기환경정보공학과, 대기환경정보연구센터,
[2)]한국철도공사, 부산경남본부 환경안전팀, [3)]한국철도공사, 부산경남본부, 마산기관차승무사업소
(2010년 5월 1일 접수; 2010년 6월 1일 수정; 2010년 6월 22일 채택)

Pilot Study on the Statistical Characteristics of a Railroad Weather-Related Accidents and Incidents in Korea

Jong-Kil Park, Woo-Sik Jung[1)*], Man-Ki Lee[1)], Hi-Man Kim[2)], Jae-Su Lee[3)]
School of Environmental Sciences Engineering/Atmospheric Environment Information Research Center, Inje University, Gimhae 621-749, Korea
[1)]Department of Atmospheric Environment Information Engineering/Atmospheric Environment Information Research Center, Inje University, Gimhae 621-749, Korea
[2)]Safety & Environment Team, Busan-Gyeongnam Headquarters, Korea Railroad, Busan 601-704, Korea
[3)]Masan Locomotive Crew Office, Busan-Gyeongnam Headquarters, Korea Railroad, Masan 630-520, Korea
(Manuscript received 1 May, 2010; revised 1 June, 2010; accepted 22 June, 2010)

Abstract

This paper aims to find out the statistical characteristics of the weather related railroad accidents and incidents. Data from Korea Railroad Operation Information System(KROIS) and Korea Railroad Accidents reports during 1996-2008 were used to investigate the occurrence frequency of railroad accidents and operation obstacles and their association with weather phenomena. The results are as follows; The occurrence frequency of railroad accidents and operation obstacles decrease gradually, and most of railroad accidents is a railroad traffic accidents. The amount of damages by a railroad weather-related accidents is higher than those of the railroad accidents and operation obstacles. It was also found that weather events influencing the railroad weather-related accidents and incidents are rainfall, snowfall, lightning, winds. And they caused a railroad weather-related accidents and incidents, such as railway obstruction, signal failure, and power supply failure. Therefore we need research about threshold review and a quantitative and qualitative analysis of a railroad weather-related accidents and incidents according to climate change.

Key Words : Ailroad accidents, Operation obstacles, A railroad weather-related accidents and incidents, Railway obstruction, Signal failure, Rainfall, Wind, Climate change

1. 서 론

현재 80여개의 노선에 총연장 3,400 km를 가지고 있는 한국철도는 8 · 15 광복과 6 · 25 전쟁의 소용돌이 속에 일부 파괴되었으나, 1960년대 후반부터 철도 현대화가 추진되어왔다. 철도노선 건설에 경제성이

*Corresponding author : Woo-Sik Jung, Department of Atmospheric Environment Information Engineering, Inje University, Gimhae 621-749, Korea
Phone: +82-55-320-3932
E-mail: wsjung1@inje.ac.kr

최우선시 되면서 해당 지역의 기상현상이나 지역 특성보다는 건설비가 저렴한 토목 공사를 선호하여 폭우(heavy downpour)시 선로가 매몰되거나 붕괴하는 경우가 많았다(철도청, 1999). 최근 기후변화로 집중호우(torrential heavy rain)의 빈도가 많아지고 자연재해가 늘어나고 있는 시점에서 기상에 의한 철도사고(railroad accidents)와 운행 장애(operation obstacle) 현상의 특성을 파악하는 것은 무엇보다 중요하다.

기상에 의한 철도사고를 살펴보면, 1925년 7월에 한반도에 내린 강수로 유례없는 대홍수가 발생하였고, 선로 및 기타 철도 시설에 많은 피해를 입혔다. 1938년에는 북한지방에 유례없는 큰 수해를 입히기도 하였다(철도청, 1999). 2002년에는 한반도를 강타한 태풍 'Rusa'에 의해 도로, 철도, 농경지, 가옥 등 국내 기반시설이 막대한 피해를 입었으며, 철도의 경우 48개소의 피해지역이 발생하였고 복구비만 약 1,472억 정도로 추정된다고 하였다(신 등, 2003).

이처럼 태풍이나 호우(heavy rain)시 발생하는 집중호우로 인한 강수량의 증가는 철도노반 또는 철도노선(railroad line)이 지나가는 산악지역에 심각한 피해를 주어 열차운행에 영향을 줄 수 있다. 철도 화물 수송량이 제일 많은 중앙선, 태백선, 경부선, 영동선의 경우 기상으로 인하여 많은 피해를 입고 있으며 경부선을 제외한 3개 노선은 산악지역에 위치하고 있어 낙석(falling rock)과 산사태(landslide)로 인한 피해가 많이 발생하고 있다(이, 2010). 박 등(2007)은 우리나라가 자연재해에 의한 피해를 많이 입는 이유는 전 국토의 70% 이상이 산지여서 강우가 발생하면 단시간에 하천으로 유입되는 지역적인 취약성에 기인하고 있으며 인위적인 현상에 의해 수해에 대한 취약성이 가중되고 있다고 하였다.

하지만 철도공사에서는 기상으로 인한 철도사고를 철도사고와 운행 장애 항목으로 구분하고 있지 않아, 철도사고나 운행 장애가 발생한 경우 1차적인 원인을 정확히 파악할 수 없을 뿐아니라, 그에 따른 대책과 향후 기후변화로 인해 점증할 철도자연재해저감대책(Railroad natural disasters mitigation plan)을 수립하기 어려우며, 복구(recovery) 위주의 재해대책수립만으로는 사전방재 가능성은 희박해진다.

따라서 본 연구에서는 우리나라에서 발생한 철도사고와 운행 장해 현상을 분류하여 기상현상과의 관련성을 검토하고, 기상과 관련한 철도사고와 운행 장애 현상을 추출하여 철도기상사고의 통계적 특성과 원인을 파악함으로서 철도기상사고 피해를 저감할 수 있는 방안을 마련하고, 향후 기후변화로 인한 철도자연재해저감대책 수립을 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

2. 자료 및 방법

2.1. 철도 재난의 정의 및 분류

한국철도공사에서 분류하고 있는 철도사고는 재난이나 재해우려에 의한 것 외에 발생하는 모든 철도사고를 말하는데, '재난'은 철도사고보고 및 조사에 관한 지침 제3조 7호에서 폭풍, 폭우, 호우, 폭설, 홍수, 지진, 낙뢰 등 자연현상 또는 대규모 화재 · 폭발 등으로 철도시설(Railroad facilities) 또는 철도차량(Rolling stock)에 피해가 발생한 경우로 정의하고 있으며, '재해우려'는 철도운행에 관한 안전지침 제2조 12호에서 태풍, 홍수, 호우, 강풍, 해일, 폭설, 지진 또는 기타 이에 준하는 자연현상으로 인한 피해가 예상되어 열차안전운행에 지장을 줄 우려가 있는 경우로 정의하고 있다.

철도사고는 철도사고보고 및 조사에 관한 지침 3조 2호에 의해 Table 1과 같이 크게 철도교통사고(railroad traffic accidents) 및 철도안전사고(railroad safety accidents)로 분류되며, 철도사고 외에 열차 또는 차량의 운행에 지장을 초래하는 운행 장애(railroad operation obstacle)는 Table 2와 같이 위험사건(hazard events)과 지연운행(delay operating)으로 구분되며, 이는 다시 10, 12개로 각각 세분화된다. 운행 장애 범주에 해당되지 않는 것으로서 안전관리가 필요한 장애를 관리장애라 하여 따로 분류하여 관리한다. 건교부 고시, 제2006-3호에 의해 2006년부터 새로운 분류기준에 의해 선로고장과 선로장애를 선로장애(Railway obstruction)로, 급전고장과 급전장애를 하나의 급전장애(Power supply failure)로 분류하고 있으며 열차퇴행, 열차지연, 열차정지 등은 분류 항목에서 제외되었다.

Table 1. Railroad accident classification

Railroad Accidents	Railroad Traffic Accident	Train Accident	Train Collisions	
			Train derailment	
			Train Fire	
			Others	
		Level-crossing accident		
		Traffic Death and Injury	Passenger Traffic	
			Public Traffic	
			In duty	Workers
				Staffs
	Railroad Safety Accident	Fire Accident		
		Facilities Damage Accident		
		Safety death and injury	Passenger Safety	
			Public Safety	
			Job Safety	Workers
				Staffs
		Other Railroad Safety Accident		

Data source : Korail Railroad Accident Report and Investigation Management Indicator

2.2. 자료 및 분석방법

본 연구에서 사용한 철도사고 관련 자료는 철도통계연보, Korea railroad operation information system (KROIS) 통계자료와 철도사고사례집 및 철도사고분석보고서로 1996년부터 2008년까지 자료를 사용하였다.

이들 자료들은 기상으로 인한 피해원인과 요소에 따라 철도사고 및 운행 장애 현상을 따로 분류하지 않고 있으나, KROIS는 철도사고 및 운행 장애 원인에 기상현상을 일부 기술하고 있고, 철도사고사례집 및 철도사고분석보고서는 기상에 의해 발생한 사고사례를 소개하고 있으므로, KROIS 사고 기록과 사고사례집 및 철도사고분석보고서를 이용하여 기상 현상에 의해 직・간접으로 발생한 철도사고 및 운행 장애 현상을 철도기상사고(railroad weather-related accidents and incidents)로 정의하고 연도별, 월별, 사고원인별 철도기상사고를 분류하였다.

그리고 철도기상사고의 피해규모를 파악하고자 이들 자료를 검토한 결과, 철도통계연보는 여객사고에 대한 배상현황과 화물사고로 인한 배상액을 기록하고 있는데 비해, KROIS 통계자료는 원인별・요일별・시간별・일기별・열차종별・동력차종별・열차지연・사상인원・피해액 등으로 구분하여 분류하고 있으며, 피해액 대한 분류는 차량, 선로, 시설물, 응급복구비, 열차지연 반환으로 분류되어 있어 기상으로 인한 피해액을 파악하기 매우 어려웠다. 그러나 국가재난정보센터 통계자료에는 철도사고 및 운행 장애와 관계없이 기상현상(비・눈・태풍・폭풍 등)으로 인하여 발생한 철도피해액 자료를 1985년부터 제공하고 있어, 본 연구에서는 기상으로 인한 철도피해액은 국가재난정보센터의 23년간 통계자료(1985～2007년)를 함께 이용하였다.

Table 2. 2008's operation obstacle classification standard

Classification	Kinds of Failure
Hazards	No Permit Operation
	Wrong Display of Clear Signal
	Operational Violation of Stop Signal
	Derailed to Sidings
	Train Operation in the Working Section
	Rolling Stock Derailment impeding Main Line
	Facility Failure impeding Safety
	Rolling Stock Failure impeding safety
	Dangerous Article Exposure
	Others
Delayed operation	Rolling Stock Derailment
	Rolling Stock Breakage
	Rolling Stock Fire
	Train Uncoupling
	Rolling Stock Movement by Brake Release
	Violation of Rules
	Railway Obstruction
	Power Supply Failure
	Signal Failure
	Car Trouble
	Train Disturbance
	Others

3. 결과 및 고찰

3.1. 철도사고 발생현황

1996년부터 2008년까지 13년간 KROIS 및 한국철도공사에서 발행한 사고사례집에 나와 있는 철도사고의 종류와 연도별 발생현황을 Table 3에 나타내었다. 표에서 알 수 있듯이 철도사고는 본 연구기간동안 총 8,356회 발생하였으며, 태풍의 영향이 컸던 2002년(태풍 Rusa)과 2003년(태풍 Maemi)에는 다소 증가하

Table 3. Annual occurrence frequency of railroad accidents from 1996 to 2008 in Korea

Items \ Year					'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	Total
Railroad Accidents	Railroad traffic accidents	Train Accident	Collisions		-	-	1	-	-	1	1	1	-	-	-	2	1	7
			Derailments		5	4	7	6	5	3	1	3	2	4	6	4	4	54
			Fires		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			Others		-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
		Level Crossing			172	116	116	95	75	60	57	61	39	37	26	26	24	904
		Traffic Death and Injury	Passenger Traffic		562	511	477	298	250	234	74	126	225	123	101	68	65	3,114
			Public Traffic		312	305	308	308	250	214	220	192	162	120	102	115	104	2,712
			In Duty	Workers	-	-	-	-	-	-	4	8	8	2	3	4	3	32
				Staff	100	79	77	54	56	64	13	16	15	6	7	2	14	503
	Railroad safety accidents	Fire Accident			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Facilities Damage Accident			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Railroad Safety Accident	Passenger Safety		-	-	-	-	-	-	180	245	106	4	3	10	29	577
			Public Safety		-	-	-	-	-	-	5	3	7	8	7	7	12	49
			Job Safety	Workers	-	-	-	-	-	-	2	1	1	3	8	1	-	16
				Staff	-	-	-	-	-	-	39	54	51	53	52	70	68	387
Total					1,151	1,016	986	761	636	576	596	710	616	360	315	309	324	8,356

였으며, 그 이후 감소하여 전체적으로 철도 사고는 감소하고 있는 추세임을 알 수 있다.

철도사고 가운데 가장 많이 발생하는 사고는 여객교통사상사고로 3,114회 발생하여 37.3%를 차지하였고, 그 다음으로는 공중교통사상사고가 2,712회로 32.5%, 건널목사고 904건, 10.8% 순으로 차지하고 있었으며 대부분 철도교통사고임을 알 수 있다(Table 3 참조).

직무와 관련된 철도공사 직원들의 사고는 철고교통사고와 철도안전사고를 합쳐 모두 890회가 발생하여 4번째로 높은 발생빈도를 나타내고 있으며, 연도별로는 전체적으로 감소추세이나 최근에는 약간 증가하는 추세를 나타내고 있어 직원들의 안전교육 등 각별한 관리가 요망된다. 또한 단 한 번의 사고로 재산상의 피해는 물론 사회적 파장이 컸던 열차사고도 62회나 발생하였으며, 연평균 4.2회로 꾸준히 발생하고 있으므로 시설물 관리와 철도 종사원의 취급주의가 요망되고 있다.

3.2. 운행 장애 발생 현황

철도사고 외에 열차 또는 차량의 운행에 지장을 초래하는 운행 장애 현상을 Table 4에 나타내었으며 위험사건보다는 지연운행의 발생빈도가 더 많은 것을 알 수 있다. 본 연구기간동안(1996～2008년) 운행 장애 현황의 총 발생빈도는 5,967회이었으며, 이 중 철도차량의 고장으로 열차운행에 지장을 초래할 경우 분류되는 차량고장(car trouble)이 2,730회로 가장 많은 46.0%를 차지하였고, 그 다음은 선로장애(Railway obstruction)(859회, 14.4%), 기타 장애(660회, 11.0%) 순으로 발생하였다. 특히 차량고장에 의한 운행 장애는 1996년 이후 계속 감소하다가 2004년 고속철도 개통에 따른 Korea train express(KTX) 차량고장 발생 부분이 포함되어 증가세를 나타내었으나, 그 이후 안정화되면서 다시 감소 추세를 나타내고 있다. 두 번째로 발생빈도가 많은 선로장애는 선로시설의 고장, 파손 및 변형 등의 결함이나 선로상의 장애물로 인하여 열차운행에 지장을 초래한 경우로 해마다 감소하는 경향을 나타내고 있다. 기타 장애는 Table 2에 제시된 운행 장애 현황에서 제외된 모두를 포함하므로 단일 항목에 의한 것과의 비교는 무의미하다.

세 번째로 많은 발생빈도를 나타내는 것은 신호보안장치의 고장, 파손 및 변형 등의 결함으로 열차운행에 지장이 초래한 신호장애(Signal failure) 현상으로,

총 555회 발생하여 연평균 42.7회 나타내었고, 2001년에서 2005년까지는 평균이상으로 발생하였으나, 최근에는 다시 감소하는 경향을 나타내고 있다. 그러나 한국철도공사(2009)가 발행한 '2008년 철고사고 분석보고서'에 의하면 최근 5년간 운행 장애를 많이 일으킨 것을 차량고장, 신호장애, 선로장애 순으로 나타내고 있어 통계기간상의 오류로 판단된다.

네 번째로 많은 발생빈도를 나타낸 것은 본선 지장 차량탈선으로 철도차량이 본선에서 탈선하였거나 또는 측선에서 탈선하여 본선에 지장을 초래한 경우로 운행 장애 현상 가운데 위험사건으로 분류되어진다. 이는 연구기간 중 345회 발생하여 연평균 26.5회 발생하였으며, 2004년부터 급격히 감소하고 있다. 이는 차량탈선에 의한 본선 운행에 지장을 준 경우와 그렇지 않고 운행에 지장을 준 경우로 재분류되면서 통계적 차이가 발생한 것으로 판단되며, 차량 탈선으로 인한 장애를 세분류하여 그 원인을 줄이려고 하였다는 점에서 높이 평가할 만하다. 그 외 연구기간동안 100회 이상, 연평균 7.7회 이상 장애를 일으켜 잠재적인 철도사고로 발전되거나 운행지연으로 철도에 피해를 입힌 것으로는 급전장애, 규정위반, 차량파손으로 나타나 철도 종사원들의 안전 및 규정에 대한 체계적이며 지속적인 교육이 요구되어진다(Table 4 참조).

3.3. 철도 사고 피해액

우리나라에서 발생한 철도사고 및 운행 장애로 인한 피해액을 살펴보기 위하여 한국철도공사에서 발행한 철도사고사례집과 철도사고분석보고서로부터 조

Table 4. Annual occurrence frequency of railroad operation obstacle from 1996 to 2008 in Korea

Items \ Year		'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	Total
Hazard Event	No permit Operation	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Wrong Display of Clear Signal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
	Stop Signal Violation Operation	-	-	-	-	-	-	-	-	4	2	1	2	1	10
	Derailed to Siding	1	-	-	-	1	1	-	-	-	-	1	1	-	5
	Train Operation in the Working Section	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Rolling Stock Derailment impeding Main Line	44	59	41	46	37	28	29	36	6	7	5	5	2	345
	Facility Failure impeding Safety	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Rolling Stock Failure impeding Safety	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Dangerous Article Exposure	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Others	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Delayed Operation	Rolling Stock Derailment	-	-	-	-	-	-	-	-	22	30	23	11	5	91
	Rolling Stock Breakage	7	8	10	9	7	12	10	7	7	11	9	6	-	103
	Rolling Stock Fire	1	5	5	8	7	7	2	1	2	-	1	4	-	43
	Train Uncoupling	9	5	6	6	4	2	3	3	4	5	1	3	2	53
	Rolling Stock Movement by Brake Release	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Violation of Rules	10	10	9	11	8	7	16	15	16	21	28	30	7	188
	Railway Obstruction	129	101	87	82	71	85	84	67	65	26	23	24	15	859
	Power supply Failure	26	32	14	17	13	28	18	23	22	36	23	12	18	282
	Signal Failure	43	28	11	32	31	75	57	56	73	57	38	29	25	555
	Car Trouble	449	337	234	222	198	156	161	151	194	177	170	138	143	2,730
	Train Disturbance	1	3	4	4	3	11	3	7	3	-	-	1	2	42
	Others	41	37	29	39	63	53	49	53	65	68	46	63	54	660
Total		761	625	450	476	442	465	433	419	483	431	369	329	274	5,967

사가 가능한 기간 동안(1985～2007) 철도사고 빈도수와 총 피해액, 그리고 철도사고 단위 피해액을 추출하였으며, 동 기간에 국토해양부 국가재난정보센터에 수집 기록된 연도별 기상현상(호우, 태풍, 폭풍, 호우 · 태풍, 강설)에 의한 철도의 피해액을 Table 5에 함께 나타내었다.

철도사고피해액은 열차사고, 건널목사고, 운행 장애, 그리고 기타 요인에 의한 것으로 지난 1993년부터 2007년까지 총 400억1277만8천원으로, 연평균 26억6751만8천원으로 나타났으며, 철도사고 회당 4097만1천원으로 나타났다. 특히 2007년에 있었던 열차충돌사고로 피해액이 크게 증가하였다. 그러나 피해액에 비해 철도사고 발생빈도수는 매년 감소하고 있음을 알 수 있다.

이에 비해 국토해양부에서 제시하고 있는 철도 피해액은 호우, 태풍, 폭풍, 호우 · 태풍, 강설과 같은 주요 기상현상에 의한 피해액을 집계한 것으로 철도사고에 의한 피해액에 포함되지 않는다. 1985년부터 2007년까지 제시된 피해액을 살펴보면, 2002년이 945억5698만2천원으로 가장 많았으며, 그 다음은 2003년(559억2877만5천원), 1998년(115억3338만원) 순으로 나타났다. 그 원인은 2002년과 2003년은 태풍 'Rusa'와 'Maemi'의 영향이 크게 나타났으며, 1998년에는 집중호우의 영향이 크게 나타났다. 철도사고에 의한 피해액과 같은 기간에 비교할 경우 6가지 기상현상에 의한 총 피해액이 철도사고에 의한 총 피해액의 4.71배(1993년 이후 피해액)로 나타나, 기상현상에 의한 철도사고피해액은 상당한 것으로 판단되었다.

각각의 기상현상에 의한 철도 피해액을 살펴보면, 먼저 전체의 82.4%를 차지하는 태풍에 의한 철도 피해액은 매년 일정하지 않으며, 한반도에 내습한 태풍의 수에 따라 크게 달라진다. 가장 큰 피해는 2002년 태풍 'Rusa'가 내습한 기간으로 935억7900만원으로 철도사고에 의한 피해액의 약 20배 정도로 나타났으며 복구비용은 그보다 더 많은 1472억원 정도로 추산하고 있다(신 등, 2003). 그 다음은 2003년 9월에 내습한 태풍 'Maemi'에 의해 558억7800만원의 피해를 입혔다. 본 연구기간 중 태풍에 의해 가장 적은 피해가 발생한 해는 1986년으로 20만원의 피해가 발생하였다.

집중호우에 의한 피해는 연중 발생하고 있음을 알 수 있으며, 가장 많은 피해를 입힌 해는 2006년으로 42억4568만원의 피해를 입혔으며, 그 다음이 2004년(31억7223만원), 1990년(29억3313만원) 순으로 피해가 발생하였다. 가장 적은 피해가 발생한 연도는 1986년으로 32만4천원의 피해가 발생하였다. 폭풍과 강설에 의한 피해는 1997년 1100만원과 1990년 245만원, 1997년 397만원의 피해가 발생하였을 뿐 호우와 태풍에 비해 그 피해규모는 매우 적었다. 기타로 분류된 1998년 피해액 115억3383만원은 국가재난정보센터 총괄 분류 피해액과 원인별 분류 피해액이 일치하지 않아 기타로 분류하였다.

이처럼 기상현상에 의한 철도 피해는 재난이나 재해우려에 의한 것을 제외한 철도사고에 의한 피해액을 훨씬 상회하고 있으며, 최근 기후변화로 인해 자연재해 발생빈도와 피해규모가 늘어나고 있고(IPCC, 2007), 한반도 남동부지방에 피해를 주는 태풍의 빈도수가 늘어날 것으로 예상하고 있어(박 등, 2006) 기후변화나 기상의 의한 철도 사고에 대한 정량적, 정성적 연구가 이루어져야 할 것이다.

3.4. 철도기상사고의 통계적 특성

앞 절에서 기상에 의한 철도 피해액이 한국철도공사가 분류한 철도사고 및 운행 장애에 의한 피해액을 훨씬 초과하고 있으므로 기상현상이 원인이 되어 발생한 철도사고 및 운행 장애 현상의 발생과 그 특성에 대한 세밀한 추가 조사가 필요하며, 기상현상에 의한 철도사고의 피해는 인위적으로 완전히 근절시킬 수 없으므로, 그 피해를 최소화하기 위해서는 기상현상이 원인이 되어 발생한 철도기상사고의 피해현황에 대한 정확한 조사뿐만 아니라 각 연도별, 월별, 사고종류별 피해원인을 파악하고, 그에 따른 적절한 대책이 필요하다.

철도사고 및 운행 장애 가운데, 자연재해(태풍 · 홍수 · 호우 · 강풍 · 해일 · 강설 · 지진 · 짙은 안개 · 눈보라 등)로 인한 사고와 피해액은 앞 절에서 언급하였듯이 한국철도공사에서 따로 분류하지 않으며, 사고발생 시 1차적 원인이 기상현상임에도 철도사고와 운행 장애 가운데 선로장애, 신호장애 등으로 분류되어진다.

Table 5. The amount of damages by the railroad accidents and weather events, such as, heavy rain, typhoon, storm, and snowfall during period from 1985 to 2007 in the Korean Peninsula (unit : 1000won)

Year	fre. of a railroad accidents★	amount of damage★	damage per event	damage of heavy rain★★	damage of typhoon★★	damage of Storm★★	damage of heavy rain · typhoon★★	damage of Snowfall★★	Others★★★	damage by the meteoro logical factors
1985	4,237	-	-	9,110	3,160	-	-	-	-	12,270
1986	3,591	-	-	324	200	-	-	-	-	524
1987	3,170	-	-	749,897	308,500	-	-	-	-	1,058,397
1988	3,092	-	-	279,998	-	-	308,500	-	-	279,998
1989	3,166	-	-	1,157,704	80,673	-	-	-	-	1,238,377
1990	3,520	-	-	2,933,137	-	-	-	2,457	-	2,935,594
1991	3,613	-	-	652,680	674,589	-	-	-	-	1,327,269
1992	3,086	-	-	53,527	-	-	-	-	-	53,527
1993	1,439	3,336,620	2,319	348,097	579,802	-	-	-	-	927,899
1994	3,027	1,914,590	633	276,812	15,000	-	-	-	-	291,812
1995	2,680	1,279,230	477	223,432	1,477,107	-	-	-	-	1,700,539
1996	1,882	970,260	516	1,197,195	-	-	-	-	-	1,197,195
1997	1,641	2,122,730	1,294	454,567	-	11,000	-	3,972	-	469,539
1998	1,436	1,001,094	697	-	-	-	-	-	11,533,380	11,533,380
1999	1,237	1,823,169	1,474	2,153,112	647,290	-	-	-	-	2,800,402
2000	1,081	690,338	639	1,482,439	182,901	-	-	-	-	1,665,340
2001	1,041	1,337,632	1,285	293,656	-	-	-	-	-	293,656
2002	1,029	4,814,247	4,679	977,279	93,579,703	-	-	-	-	94,556,982
2003	1,129	5,166,429	4,576	50,000	55,878,775	-	-	-	-	55,928,775
2004	1,100	1,764,193	1,604	3,172,237	1,476432	-	-	-	-	4,648,669
2005	801	1,515,882	1,892	426,550	142,609	-	-	-	-	569,159
2006	684	3,771,562	5,514	4,245,682	-	-	-	-	-	4,245,682
2007	636	8,504,802	13,372	104,182	475,172	-	-	-	-	579,354
Total	48,318	40,012,778	40,971	21,241,617	155,521,913	11,000	308,500	6,429	11,533,380	188,314,339
%	-	-	-	11.3	82.4	0.0	0.2	0.0	6.1	100
mean	2,100.783	2,667,518.5	2,731.4	923,548.6	6,761,822.3	478.3	13,413	279.5	501,451.3	8,187,580

★ 철도사고사례집 또는 철도사고분석보고서
★★ 국가재난정보센터 자료실
★★★ 호우와 태풍에 대한 구분이 정확이 이루어지지 않은 경우 기타로 분류하였음

따라서 기상에 의한 철도사고피해 현황을 살펴보기 위하여 비교적 자료의 신뢰도가 높은 1996년부터 2008년까지 13년 동안 KROIS 통계자료와 철도사고사례집 및 철도사고분석보고서의 사고 원인 기록에서 기상현상이 언급되어 있는 경우 해당 철도사고 및 운행 장애 현상을 추출하여 기상에 의한 철도사고로 분류하고 그로 인해 발생한 2차적인 원인까지 분류하였다. 예를 들어 한파(cold wave)로 인한 레일절손으로 선로장애가 발생하였다라고 기록된 경우 이는 단순히 선로장애로 분류되어지나, 본 연구에서는 한파라는 기상현상에 의한 선로장애가 발생하였고, 선로장애를 일으킨 2차적 원인은 레일절손으로 분류하였다.

3.4.1. 철도기상사고의 연도별 발생현황

기상조건(weather conditions)은 철도 운행 효율이나 철도시설 및 승객과 화물의 안전 수송에 영향을 미친다. 강수량과 안개(fog)는 신호기를 식별할 수 없는 시정장애 현상을 초래할 수 있으며, 돌발홍수(flash flood)는 선로 유실을, 폭염(extreme heat or excessive heat)은 철로를 휘게 할 수 있다. 고속철에 대한 측풍(crosswind)은 기관차(railcar)의 안전성을 감소시키거나 열차전복을 초래하기도 한다. 눈(snow)과 얼음(ice)은 광역적인 열차지연과 운행중단을 야기할 수 있다. 더욱 심각한 것은 비나 눈, 얼음과 같은 현재의 기상상황이 아니라 이전에 존재한 누적 량에 의해서

도 철도기상사고가 발생할 수 있다(Rossetti, 2009).

특히 한국철도공사는 호우로 인한 철도사고 종류를 약 29가지로 분류하여 사용하고 있는데, 본 연구에서는 통계 자료 처리 시 일관성을 유지하기 위하여 선로에 나타난 결과에 따라 Table 6과 같이 4가지로 분류하였다.

철도기상사고의 특성을 알아보기 위하여 1996년부터 2008년까지 발생한 14,323회 (1996년 이후)의 철도 사고의 원인을 재검토하여 기상현상과 관련성이 있는 철도사고 및 운행 장애 현상을 추출한 철도기상사고는 총 16회로 열차충돌 1회, 열차탈선 6회, 건널목사고 6회, 직무부상사고 3회가 발생하여 열차탈선 및 건널목사고가 많이 나타났으며(Table 7 참조), 연도별로는 1998년이 가장 많이 발생하였고 그 외의 년도에는 고르게 발생하였다.

이에 비해 기상현상이 원인이 되어 발생한 철도 운행 장애 현황은 본 연구기간동안 총 423회 발생하여 앞 절에서 소개한 철도사고에 비해 기상현상과 더 밀접한 관련이 있는 것을 알 수 있으며, 운행 장애가 가장 많이 발생한 해는 2001년으로 총 61회 발생하였고, 그 다음은 2004년(47회), 1997년(42회) 순으로 발생하였다(Table 8). 운행 장애의 종류를 살펴보면, 차량탈선이 모두 7회, 선로장애가 217회, 급전장애는 44회, 신호장애가 102회, 기타장애가 53회 발생하여 선로장애가 가장 많이 나타났으며, 그 다음이 신호장애, 급전장애, 차량탈선 순으로 나타났음을 알 수 있다. 이는 전체 철도사고 및 운행 장애 발생현황에서 나타난 사고종류와 순서가 대체로 일치하므로 기상현상에 의한 영향과 무관하지 않음을 추론할 수 있다.

Table 6. A kind of railroad accidents due to the heavy rain

A kind of current railroad accidents due to heavy rain	A kind of modified railroad accidents due to heavy rain
낙석 · 둑비탈 붕괴 · 산사태 · 옹벽붕괴 · 생태이동통로붕괴 · 옹벽전도 · 터널라이닝붕괴	Track Burying
교량유실 · 노반유실 · 도상유실 · 선로유실 · 둑유실	Collapsed Track
교량범람 · 교량수위상승 · 배수로매몰 · 선로침수 · 하수매몰	Flooded Track
교각전도 · 기초세굴 · 노반침하 · 수목전도 · 옹벽붕괴 · 익벽붕괴 · 하상세굴	Others

Table 7. Annual occurrence frequency of railroad accidents by weather events from 1996 to 2008 in Korea

Sorting \ Year					96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	Total
Railroad Accident	Railroad Traffic Accident	Train Accident	Train Collisions		-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1
			Derailment		-	1	1	1	1	-	-	1	-	-	1	-	-	6
			Train Fire		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			Others		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Level Crossing			1	-	2	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	6
		Traffic Death and Injury	Passenger Traffic		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			Public Traffic		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			In Duty	Workers	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
				Staffs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Railroad Safety Accident	Fire Accident			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Facilities Damage Accident			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Railroad Safety Accident	Passenger Safety		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			Public Safety		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			Job Safety	Workers	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
				Staffs	-	-	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	3
Total					1	1	5	1	1	2	3	1	-	-	1	-	-	16

Table 8. Annual occurrence frequency of railroad operation obstacle by weather events from 1996 to 2008 in Korea

Classification \ Year		96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	Total
Hazard Event	No permit Operation	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Wrong Display of Clear Signal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Stop Signal Violation Operation	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Derailed to Siding	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Train Operation in the Working Section	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Rolling Stock Derailment impeding Main Line	-	-	-	-	-	4	-	-	-	1	-	-	-	5
	Facility Failure impeding Safety	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Rolling Stock Failure impeding Safety	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Dangerous Article Exposure	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Others	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Delayed Operation	Rolling Stock Derailment	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	2
	Rolling Stock breakage	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Rolling Stock Fire	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Train Uncoupling	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	RollingStock Movement by Brake Release	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Violation of Rules	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Railway Obstruction	13	26	36	17	19	17	16	15	22	6	10	14	6	217
	Power supply Failure	1	2	-	9	2	8	3	4	2	7	4	1	1	44
	Signal Failure	1	6	3	5	6	24	11	4	15	5	14	6	2	102
	Car Trouble	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Train Disturbance	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Others	1	7	-	3	2	8	8	4	8	4	3	3	2	53
	Total	16	42	39	34	29	61	39	27	47	23	31	24	11	423

3.4.2. 철도기상사고의 월별 발생현황

기상에 의한 철도사고와 운행 장애 현상인 철도기상사고의 월별 발생빈도를 살펴보면(Fig. 1, Table 9 참조), 하계인 6~9월 사이에 발생한 것이 전체의 54%를 차지하며 그 중 7월이 가장 많이 발생하였고 10월이 가장 적게 발생하였다. 또한 1월에는 하계에 비해 적으나 다소 많이 발생하였다. 이에 비해 미국은 하계보다는 동계에 철도기상사고가 많이 발생하였으며(Rossetti, 2009; Changnon, 2006), 장마나 집중호우와 같은 우리나라의 기상특성이 철도사고에 반영되어 나타나고 있음을 알 수 있다. 사고 종류는 매월 조금 차이는 있으나, 대부분 선로장애가 약 50%를 차지하고 있으며 그 다음이 신호장애, 급전장애 및 기타장애로 분류되어진다.

따라서 우리나라 철도기상사고는 계절에 관계없이 골고루 발생하고 있으며 특히 하계와 동계에 많이 발생하고 10월에 가장 적게 발생하며, 하계에 집중되는 강우와 태풍, 그리고 동계에는 폭풍과 강설에 의해 영향을 받고 있음을 추론할 수 있으며 선로장애와 신호장애가 대부분임을 알 수 있다.

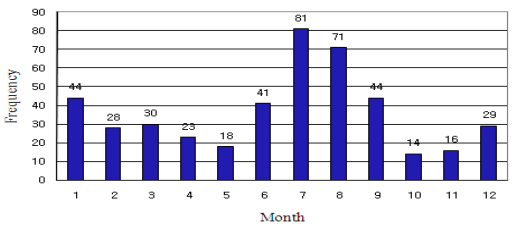

Fig. 1. Distribution of monthly occurrence frequency of railroad weather-related accidents and incidents from 1996 to 2008 in Korea.

Table 9. Monthly occurrence frequency and kinds of railroad weather-related accidents and incidents from 1996 to 2008 in Korea

Month \ Kinds	Train Collisions	Train Derailment	Level Crossing	Rolling Stock Derailment	Railway Obstruction	Power Supply Failure	Signal Failure	Job Injury	Others	Total
Jan	-	-	2	1	12	5	11	1	12	44
Feb	1	-	3	2	12	1	8	-	1	28
Mar	-	-	-	-	14	4	8	-	4	30
Apr	-	-	-	-	10	2	6	-	5	23
May	-	1	-	-	11	1	4	-	1	18
Jun	-	1	-	-	21	7	9	-	3	41
Jul	-	-	-	1	50	11	16	-	3	81
Aug	-	-	-	1	39	7	16	2	6	71
Sep	-	3	-	1	24	4	7	-	5	44
Oct	-	-	-	-	6	1	4	-	3	14
Nov	-	-	-	1	7	-	1	-	7	16
Dec	-	1	1	-	11	1	12	-	3	29
Total	1	6	6	7	217	44	102	3	53	439

3.4.3. 철도기상사고와 관련된 기상현상

3.4.3.1. 기상현상의 발생현황

철도기상사고의 원인이 되는 기상현상을 분류해보면, Table 10과 같이 강풍, 기온하강(한파), 기온상승, 낙뢰, 강설, 강우, 안개, 이슬, 해빙, 해일(폭풍해일에 의함) 등 10가지로 나타났으며, 가장 많은 발생빈도를 나타낸 기상현상은 강우(rain)현상으로 총 200회 발생하여 전체의 49.7%를 차지하였고, 그 다음은 낙뢰(lightning strikes) 63회, 강설(snowfall) 61회, 강풍 39회 순으로 나타났다. 이에 비해 가장 발생빈도가 적은 경우는 안개였으며, 강우와 강설 및 낙뢰는 연중 고르게 발생하였다. 이에 비해 미국은 강우가 가장 많고 그 다음이 눈, 안개, 진눈깨비 순으로 나타나(Rossetti, 2009), 다소 차이는 있으나, 강우와 강설과 같은 강수현상이 주를 이루고 있음은 동일하였다.

연도별로는 2001년이 가장 많은 60회 발생하였으며, 그 다음은 2004년(47회), 1997년(53회), 1998년(43회), 2002년(42회), 1999년(35회)으로 평균 이상으로 발생하였다.

따라서 철도기상사고와 관련한 기상현상은 강우와 강설 및 낙뢰가 대부분이며 연중 고르게 발생하고 있음을 알 수 있다. 아울러 기후변화로 인해 집중호우의 빈도가 증가하고(IPCC, 2007) 한반도 남동부해안으로 접근하는 태풍의 빈도수와 규모가 증가할 것으로

Table 10. Annual occurrence frequency and type of weather events related to railroad accidents and operation obstacle during period from 1996 to 2008 in Korea

Cause \ Year	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Total
Gale	-	4	1	5	-	10	3	-	3	7	3	3	-	39
Drop in temp.	-	2	1	1	3	11	5	2	3	4	-	2	1	35
Rise in temp.	-	1	-	1	1	2	1	-	1	1	1	1	-	10
Lightning	1	6	2	5	4	13	8	-	6	2	8	5	3	63
Snowfall	4	2	6	3	5	12	3	5	11	3	6	1	-	61
Rainfall	12	27	32	18	14	11	20	14	19	5	11	12	5	200
Fog	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1
Dew	-	-	-	1	-	1	1	-	2	-	-	-	1	6
Thawing ice	-	-	1	1	1	-	-	5	2	1	-	-	-	11
Surge	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2
Others	-	-	1	-	2	3	-	2	-	-	3	-	-	11
Total	17	43	43	35	28	60	42	26	47	23	30	24	10	439

예상하고 있으므로(박 등, 2006) 강수와 낙뢰에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

3.4.3.2. 철도기상사고 종류별 변화

철도기상사고 원인에 따른 사고 종류별 발생현황을 Table 11에 나타내었다. 표에서 알 수 있듯이 철도기상사고를 가장 많이 일으킨 기상현상인 강우는 열차탈선(1회), 차량탈선(3회), 선로장애(147회), 급전장애(11회), 신호장애(4회), 직무부상(2회), 기타장애(29회)와 같은 사고를 발생시켰으며, 낙뢰의 경우 대부분 신호장애(57회), 급전장애(6회)가 발생하였다. 강설 현상은 열차탈선(1회), 건널목사고(6회), 차량탈선(1회), 선로장애(11), 급전장애(3회), 신호장애(31회), 직무부상(1회), 기타장애(7회)를 발생하여 강우와 비슷한 철도기상사고가 발생하였다. 강우와 강설은 모두 강수현상으로 분류되는 바, 강수에 의한 철도기상사고가 가장 많이 발생하였음을 알 수 있다.

다음으로 많이 발생한 강풍은 선로장애(16회), 급전장애(19회), 신호장애(1회), 기타장애(3회)를 발생시켰고, 기온상승은 선로장애(7회), 신호장애(3회)를, 그리고 기온하강은 차량탈선(3회), 선로장애(17회), 급전장애(4회), 신호장애(4회), 기타장애(7회)를 발생시키기도 하였다. 안개는 열차충돌(1회)을 발생시켰으며, 이슬은 기타장애(6회), 해빙과 해일은 선로장애를 각각 11회, 2회를 발생시켰으며, 기타로 열차탈선(1회), 선로장애(6회), 급전장애(1회), 신호장애(2회), 기타장애(1회)가 발생하였다.

이처럼 기상현상에 의한 철도기상사고는 선로장애가 대부분이었으며, 그 다음은 신호장애, 급전장애로 나타나 철도사고 및 운행 장애 현상과 유사하게 나타났다. 이러한 철도기상사고는 기상청의 예보에 따라 각각의 기상현상에 대한 방재 매뉴얼을 재정비하고, 현장 종사자에게 교육함으로서 사전방재의 가능성이 높아질 수 있다.

따라서 한반도에서 철도기상사고를 일으키는 주요 기상현상은 강우, 강설, 낙뢰, 강풍이 대부분이며, 이로 인해 나타나는 철도기상사고는 선로장애, 신호장애, 급전장애 현상이 주를 이루고 있음을 알 수 있다.

3.4.3.3. 선로장애 발생원인 분석

앞 절에서 가장 많은 발생빈도를 나타내는 철도 운행 장애 현상은 선로장애로 나타나 선로장애를 일으키는 1차적 원인이 되는 기상현상과 그로 인해 나타나는 2차적인 원인을 살펴보았다. 그 결과, 선로장애는 본 연구기간동안 총 217회 발생하였으며, 기상학적 원인은 강우가 147회로 가장 많았고, 기온하강(17회), 강풍(16회), 강설(11회), 해빙(11회), 기온상승(7회), 해일(2회) 기타(6회)로 나타나 강우와 강설과 같은 강수현상이 선로장애를 일으키는 1차적 원인이었음을 알 수 있다(Table 11 참조).

Table 11. Type of weather events and occurrence frequency of railroad weather-related accidents and incidents during period from 1996 to 2008 in Korea

Weather \ Accident	Train collisions	Train derailment	Level crossing	Rolling stock derailment	Railway obstruction	Power supply failure	Signal failure	Job injury	Others	Total
Gale	-	-	-	-	16	19	1	-	3	39
Rise in temp.	-	-	-	-	7	-	3	-	-	10
Drop in temp.	-	-	-	3	17	4	4	-	7	35
Lightning	-	-	-	-	-	6	57	-	-	63
Snowfall	-	1	6	1	11	3	31	1	7	61
Rainfall	-	4	-	3	147	11	4	2	29	200
Fog	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Dew	-	-	-	-	-	-	-	-	6	6
Thawing ice	-	-	-	-	11	-	-	-	-	11
Surge	-	-	-	-	2	-	-	-	-	2
Others	-	1	-	-	6	1	2	-	1	11
Total	1	6	6	7	217	44	102	3	53	439

Table 12. Occurrence frequency and ratio of the second cause related to railroad line obstacle during period from 1996 to 2008 in Korea

Failure	Frequency	Ratio	Failure	Frequency	Ratio
Track burying	16	7.4	Tree falling	20	9.2
Falling rocks	53	24.4	Landslide	13	6.0
Collapsed roadbed	42	19.4	Rail buckling	7	3.2
Rail break	17	7.8	Others	24	11.1
Flooded track	25	11.5			

이러한 기상현상에 따라 선로장애를 일으키는 2차적 원인을 살펴보면(Table 12 참조), 낙석 53회, 노반유실 42회, 선로침수 25회, 수목전도 20회, 레일절손 17회, 궤도매몰 16회, 산사태 13회, 레일좌굴 7회, 기타 24회로 나타나 낙석과 노반유실이 대부분을 차지하고 있음을 알 수 있다.

따라서 선로장애를 일으키는 1차적 원인은 여러 가지 기상현상 가운데 강우와 강설이 주를 이루고 있으며, 그로 인해 나타나는 2차적 원인은 낙석과 노반유실이 대부분을 차지하고 있어 강수현상에 대한 정확한 기록 유지와 낙석이나 노반유실이 발생할 수 있는 누적강수량이나 시간강수량과 같은 강수량의 임계값을 추정하여 일본의 조기지진경보시스템과 같이 사전에 철도기상사고를 막을 수 있도록 하여야 할 것이다 (Rossetti, 2009).

4. 결 론

자연재해로 인하여 철도에서 발생하는 사고는 인위적으로 완전히 근절시킬 수 없으므로 사전방재활동계획을 수립, 실천하여 최소화하는 것이 가장 중요하며 이를 위해서는 기상으로 인한 철도사고와 운행 장애 등의 피해 현황에 대한 정확한 조사를 통해 원인과 사고 유형을 파악할 필요가 있다.

철도사고와 운행 장애 발생 현황을 살펴본 결과, 점차 감소하는 경향을 나타내고 있으며, 가장 많이 발생한 철도사고는 여객교통사상사고(3,114회, 37.3%)이였으며, 그 다음으로는 공중교통사상사고(2,712회, 32.5%), 건널목사고(904회, 10.8 %) 순으로 나타나, 대부분 철도교통사고임을 알 수 있다. 직무와 관련된 철도공사 직원들의 사고는 철고교통사고와 철도안전사고를 합쳐 모두 890회가 발생하여 4번째로 높은 발생빈도를 나타내었고, 운행 장애 현황의 총 발생빈도는 5,967회이었으며, 가장 많았던 것이 차량고장(2,730회, 46%)이었고, 그 다음은 선로장애(859회, 14.4%), 기타 장애(660회, 11%), 신호장애(555회, 9.3%) 순으로 발생하여 위험사건보다는 지연운행의 발생빈도가 더 많았다. 그 외 본선지장 차량탈선과, 급전장애, 규정위반, 차량파손으로 나타나 철도 종사원들의 안전 및 규정에 대한 체계적이며 지속적인 교육이 요구되어진다.

철도공사가 분류한 철도사고 및 운행 장애 현상 가운데 기상현상이 원인이 되어 발생하는 철도기상사고를 추출한 결과 전체 철도사고와 운행 장애에 비해 발생빈도는 적으나, 운행 장애가 대부분이었으며, 2001년이 총 61회로 가장 많이 발생하였으며, 그 다음은 2004년(47회), 1997년(42회) 순 이었다. 월별로는 6~9월에 발생빈도가 높았으며 1월과 12월에도 높게 나타나, 하계와 동계에 많이 발생하였고 10월에 가장 적게 발생하였다. 그 원인은 하계에 집중되는 강우와 강풍 및 낙뢰였으며, 동계에는 폭풍과 강설이었다.

철도기상사고 원인이 되는 기상현상은 강우, 강설, 낙뢰, 강풍이 대부분이며, 이로 인해 나타나는 사고종류는 선로장애가 가장 많이 나타났으며, 그 다음이 신호장애, 급전장애, 기타장애, 차량탈선 순으로 나타나 전체 철도사고 및 운행 장애 발생현황에서 나타난 사고종류와 일치하므로 기상현상에 의한 영향과 무관하지 않음을 추론할 수 있으며 향후 세심한 원인 분류가 요망된다.

아울러 기상현상에 의한 철도 피해규모는 철도사고에 의한 피해액을 훨씬 상회하고 있으며, 최근 기후변화로 인해 자연재해 발생빈도와 피해규모가 늘어나고 있고, 한반도에 상륙하는 태풍의 빈도수가 늘어날 것으로 예상하고 있어 기후변화나 기상의 의한 철도기상사고에 대한 정량적, 정성적 분석 연구가 이루어

져야 할 것이다.

또한 주요 철도역마다 강풍과 강우량을 측정, 기록, 분석할 수 있도록 기존의 기상감시시스템을 보완하고, 그에 따른 실시간 해석 및 조치와 실행을 위한 방재기상관련 전문요원을 배치함과 동시에 기후변화로 인한 집중호우와 태풍에 의한 엄청난 폭우와 강풍에 대한 철도사고 및 운행제한을 위한 임계값의 검토 및 기후변화에 따라 추정할 수 있는 새로운 모형개발이 필요할 것이다.

감사의 글

이 논문은 2009년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구입니다 (2009-0092800).

참 고 문 헌

박종길, 김병수, 정우식, 김은별, 이대근, 2006, 한반도에 영향을 주는 태풍의 통계적 특성 변화, 한국기상학회 대기지, 16(1), 1-17.

박종길, 정우식, 최효진, 2007, 자연재해 평가를 위한 방재기상DB정보, 한국방재학회논문집, 7(3), 41-49.

신민호, 김현기, 김정기, 2003, 고속철도의 안전운행을 위한 강우시 열차운전규제기준의 제안, 한국철도학회지, 6(1), 14-18.

이재수, 2010, 철도에서 발생하는 사고와 기상현상과의 관련성, 석사학위논문, 인제대학교.

철도청, 1999. 한국철도 100년사, 철도청.

한국철도공사, 2009, 2008년 철도사고분석보고서, 한국철도공사.

Changnon, S. A., 2006, Railroads and Weather, American Meteorological Society, Boston, Massachusetts, 124.

IPCC, 2007, Climate Change 2007 : The Physical Science Basis, Summary for Policymakers, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA., 1-21.

Rossetti, M.A., 2009, Analysis of weather events on U.S Railroads, Proceedings of 89th International American Meteorological Society, 4A.2.