

2019년 지구에서 분화한 화산 활동 분석

윤성호^{1,2*} · 반응부² · 장철우^{2,3} · 이정현^{2,3}¹부산대학교 지구과학교육과, ²부산대학교 화산특화연구센터, ³부산대학교 지구과학과

Analysis of Global Volcanic Activity During 2019

Sung-Hyo Yun^{1,2*}, Yong-Boo Ban², Cheolwoo Chang^{2,3}, and Jeonghyun Lee^{2,3}¹Department of Earth Science Education, Pusan National University, Busan 46241, Korea²Volcano Specialized Research Center, Pusan National University, Busan 46241, Korea³Department of Earth Science, Pusan National University, Busan 46241, Korea

요 약: 2019년(2019년 1월 30일~12월 31일; USGS 자료) 48주 동안에 활동한 화산은 82개이다. 지구상에서 화산은 1년간 평균 80~90여 개가 활동하고 있다. 이들 중 91% 이상이 흔히 “불의 고리”(Ring of Fire)라고 부르는 환태평양화산대에 위치한다. 지금까지 밝혀진 활화산들의 80%가 판의 수렴경계부, 15%가 발산경계부, 나머지 5%가 판 내부에 분포한다는 사실과 잘 부합된다. 조사 기간인 2019년 1월 30일부터 2019년 12월 31일에 이르는 48주 중 가장 빈번하게 활동한 화산들은 Dukono(인도네시아, 48회), Aira(일본, 47회), Ebeko(러시아 46회), Merapi(인도네시아, 37회), Krakatau(인도네시아, 33회) 화산이다. 2018년과 비교할 때 분화한 화산수가 1개 감소하였으나 이는 2018년 화산활동은 50주, 2019년은 48주와 비교할 때 현격한 증감은 발생하지 않았다. 이는 지구상의 화산들의 활동이 안정세를 유지하고 있는 것으로 평가된다.

핵심어: 활화산, 환태평양화산대(불의 고리), 화산 활동도

Abstract: There are 82 volcanoes active during the 48 weeks of 2019 (January 30 to December 31, 2019; USGS data) Approximately 80~90 volcanoes are active on the Earth for a year. More than 91% of these volcanoes are took place in the circum-Pacific volcanic belt, which is commonly called ‘Ring of Fire’. This status coincides with the distribution maps of active volcanoes on the earth: about 80 percent on subduction zone of the convergent plate boundaries; 15 percent on divergent plate boundaries; 5 percent on intra-plate zone. Typically five volcanoes are most active during the survey period (48 weeks); Dukono (Halmahera, Indonesia) 48 times, Aira (Kyushu, Japan) 47 times, Ebeko (Paramushir Island, Russia) 46 times, Merapi (Central Java, Indonesia) 37 times, Krakatau (Indonesia) 33 times. The comparison of volcanic activity between 2018 and 2019 showed no significant difference. It is assumed that volcanic activity remains stable.

Keywords: Active volcanoes, circum-Pacific volcanic belt (ring of fire), volcanic activity

서 언

지구상에서 일어나는 다양한 화산활동에서 비롯되는 화산재해(lava flow, pyroclastic flow, surge, volcanic ash, vog, etc)의 위험 속에서도 수많은 인

구가 화산 인근지역에서 생활하고 있다. 본 연구는 지난 2019년 지구상에서 활동한 화산들의 활동상을 파악하고 위험에 대비한 인명과 재산의 피해를 줄이려는 목적을 가진 기초 연구로 계속되고 있다. 연구 기간은 2019년 1월 30일부터 12월 31일까지로 48주 동안에 걸친 화산활동의 동태를 분석하였다. 이러한 분야에 관한 선행연구(Croweller *et al.*, 2012)에 따르면, 화산활동을 예측하고자 역사적인 화산분화 이

*Corresponding author
Tel: +82-51-510-2723
E-mail: yunsh@pusan.ac.kr

력 조사, 화산 전조 현상 감시를 비롯한 기타 많은 연구가 진행되고 있다고 한다. 화산재해를 완화하기 위하여 화산에 대한 전반적인 정확한 정보를 미리 파악하여 미래에 발생 가능한 여러 재해 내용을 예측하고 그 활동으로 야기되는 피해를 가능한 범위에서 경감시킬 수 있는 다양한 방책의 연구가 국가적으로 진행되고 있다(Woodhouse *et al.*, 2013). 한편 화산지대에 거주하는 주민들도 장기간에 걸친 화산체 별 특정 활동 정보를 계속 모니터링하여 위기 발생이 예측되면 즉시 안전하게 대처할 수 있도록 준비하여야 할 것이다(Kartadinata *et al.*, 2002; Yasuda *et al.*, 2011). 이 연구는 장기간에 걸친 화산활동을 조사한 후속 연구로 미래에 발생 가능한 화산 거동에 대한 예측과 재해의 대비에 기여할 수 있는 기초 자료가 된다.

2019년 화산활동 동향

지구상에는 과거 1만년 이내에 활동한 경험을 가진 활화산(Hayashi and Uihira, 2008)이 1,520개가 알려져 있다(GVP, 2016). 본 연구에서 사용된 2019년에 활동한 모든 분화에 관하여 GVP(Global Volcanism Program)와 USGS(U.S. Geological Survey)의 Volcano Hazards Program의 공동 연구를 통하여 매주별로 발표되는 자료(GVP, 2019)를 이용하였다. 여기에 발표한 화산활동의 횟수는 각 화산에서 분화 사건이 발생할 때마다 매주별로 화산활동을 모아 1회로 기록하였다. 즉 하루에도 여러 차례의 분화 횟수가 기록될 수 있고, 어떤 경우에는 분화 사건이 지속적으로 연결되어 하루 또는 이를 동안 지속되는 분화 사건도 있지만, 이를 모두 1회로 기록하였다(Yun *et al.*, 2018).

국가별 분화 화산 수(2019. 1. 30. - 2019. 12. 31)

2019년에 활동한 화산은 82개 화산이다. Table 1은 2019년의 국가별로 진행된 화산활동을 조사한 내용이다. 2019년 화산활동 발생 국가는 인도네시아를 비롯하여 22개 국가이다. 가장 많은 화산이 활동한 국가는 인도네시아로 2019년 한 해 동안 15개의 화산이 활동하였으며, 일본 12개, 러시아 8개를 비롯하여 미국 6개, 칠레 4개, 파푸아뉴기니, 통가 아일랜드, 코스타리카, 과테말라 각각 3개, 이탈리아, 페루, 멕시코, 뉴질랜드, 에콰도르, 바누아투, 필리핀, 콜롬비아, 니카라과, 콩고 등에 각각 2개, 프랑스, 영국, 인도에서 각각 1개 화산이 활동하였다.

한반도 인근 국가의 화산활동

2019년에 활동한 82개 활화산들에 대하여 이 기간 동안 계속 화산활동 중인 것을 ‘진행형(ongoing)’ 화산과, 불안정한 화산 전조활동이나 새롭게 화산활동의 조짐을 보였던 것은 ‘불안정형(unrest)’ 또는 ‘새로운 조짐형(new)’으로 구분하고 정리하였다(GVP, 2016). 본 연구에서는 진행형과 불안정형, 새로운 조짐형을 모두 합하여 활동적인 화산으로 평가하였다. 이를 기초로 우리나라에 영향을 줄 수 있는 인근 국가에서 2019년에 활동한 화산들은 다음과 같다.

인도네시아에서 활동한 15개 화산은, Dukono(GVP, 2019c), Merapi(GVP, 2019j), Krakatau((GVP, 2019h), Karangetang(GVP, 2019i), Ibu(GVP, 2019e), Sangeang Api(GVP, 2019k), Agung(GVP, 2019n), Kerinci(GVP, 2019n), Tangkubanparahu(GVP, 2019n), Tengger caldera(GVP, 2019n), Semeru(GVP, 2019n), Sinabung(GVP, 2019n), Awu(GVP, 2019n), Slamet(GVP, 2019n), Soputan(GVP, 2019n) 등이다.

일본에서는 Aira(GVP, 2019a), Asosan(GVP, 2019b), Suwanosejima((GVP, 2019o), Asamayama(GVP, 2019n), Kirishimayama(GVP, 2019n), Azumayama(GVP, 2019n), Hakoneyama(GVP, 2019n), Kuchinoerabujima(GVP, 2019n), Midagahara(GVP, 2019n), Kurikomayama(GVP, 2019n), Kikai(GVP, 2019n), Nishinoshima(GVP, 2019n) 등 12개 화산이 활동하였다.

러시아의 Kamchatka 반도에서 Kuril 열도를 따라 Ebeko(GVP, 2019d), Sheveluch(GVP, 2019l), Klyuchevskoy(GVP, 2019g), Sarychev Peak(GVP, 2019n), Karymsky(GVP, 2019f), Alaid(GVP, 2019n), Raikoke(GVP, 2019n), Bezymianny(GVP, 2019n) 등 8개 화산, 필리핀에는 Kanlaon(GVP, 2019n)과 Mayon(GVP, 2019n) 등 2개 화산이 활동하였다.

화산 보유국가의 재난 대비 활동

화산활동으로 인하여 우리에게 직·간접적으로 피해를 입히는 화산재해의 종류들에는 화성쇄설물, 강하 화산재, 화산가스, 화쇄류, 용암류, 라하르 등의 화산 분출물에 의해 발생하는 것들을 꼽을 수 있다. 또한, 화산활동으로 인한 지표변형과 수반하여 발생하는 화산성지진, 암설사태(debris avalanche)와 쓰나미도 위험을 줄 수 있다. 미국 Smithsonian 연구소의 GVP나 미국 USGS의 Volcano Hazard Program과 유사한

Table 1. Geographical distribution and countries of volcanoes erupted in 2019 (GVP, 2019n)

Locations (): Number of volcano	Country (): Number of volcano	Volcanoes
Pacific Coast (75)	Indonesia (15)	Dukono, Merapi, Krakatau, Karangetang, Ibu, Sangeang Api, Agung, Kerinci, Tangkubanparahu, Tengger Caldera, Semeru, Sinabung, Awu, Slamet, Sopotan
	Japan (12)	Aira, Asosan, Suwanosejima, Asamayama, Kirishimayama, Azumayama, Hakoneyama, Kuchinoerabujima, Midagahara, Kurikomayama Kikai, Nishinoshima
	Russia (8)	Ebeko, Sheveluch, Klyuchevskoy, Sarychev Peak, Karymsky, Alaid, Raikoke, Bezymianny.
	USA (8)	Shisaldin, Semisopochnoi, Cleveland, Pavlof, Great Sitkin, Veniaminof, Kilauea, Mauna Loa
	Papua New Guinea (3)	Manam, Kadovar, Ulawun
	Philippine (2)	Kanlaon, Mayon
	Vanuatu (2)	Ambryum, Yasur
	New Zealand (2)	White Island, Ruapehu
	Tonga Islands (3)	Metis Shoal, Lateiki, Unnamed
	Chile (4)	Nevados de Chillan, Villarrica, Planchon-Peteroa, Copahue
	Guatemala (3)	Fuego, Pacaya, Santa Maria
	Costa Rica (3)	Poas, Turrialba, Rincon de la Vieja
	Ecuador (2)	Reventador, Sangay
	Nicaragua (2)	San Cristobal, Telica
	Mexico (2)	Popocatepetl, Colima
Peru (2)	Sabancaya, Ubinas	
Colombia (2)	Nevado del Ruiz, Chiles-Cerro Negro	
African Plate (2)	DR Congo (2)	Nyamuragira, Nyiragongo
Atlantic coast (3)	UK (1)	Saunders
Mediterranean (2)	Italy (2)	Etna, Stromboli
Indian Ocean (2)	India (1)	Barren Islands
	France (1)	Piton de la Fournaise

각국의 연구기관들에서도 화산활동을 면밀하게 모니터링하고 있으며, 각국의 방재업무를 담당하는 기관들은 이러한 재해에 대비할 수 있도록 각종 위험경보를 미리 발령한다. 화산을 보유하고 있는 각 국가에서는 자국뿐만 아니라 인근 국가의 화산 활동상을 계속 관측, 조사, 분석하며 이를 실시간으로 발표하므로 화산관련 재난발생의 대비는 물론 안전 대책 수립에 활용하고 있다. 우리나라에서도 Smithsonian 화산연구소와 USGS에서 발표하는 모니터링 자료를 이용하여 이와 같은 연구와 조사 활동을 부산대학교 화산특화연구센터에서 진행하고 있다. 한반도와 가까이 위치한 화산들의 동향에 따라 이들이 우리나라에 영향

을 미칠 가능성이 존재하기 때문에 이에 대비하여 이들 화산의 활동상을 면밀하게 조사, 파악하여 이를 기반으로 앞으로의 화산의 활동을 예측할 수 있어야 하며 이들 국가에서 이미 시행하고 있는 안전 대책은 어떻게 준비되고 있는가에 관심을 가지고 화산재해 대비책을 수립하여, 교육과 훈련이 이루어져야 할 것이다.

2019년에 활동한 화산의 지리적 분포

Table 1은 2019년에 활동한 화산의 수효와 지체구조 위치를 조사한 것이다. 조사 기간 동안, 전 세계에서 활동한 82개 화산들 중 75개가 “불의 고리”라고

블리어지는 환태평양화산대에 분포하고 있으며 지구 상에서 활동한 화산들 중 그 집중도는 91.5%이다. 그리고 그 밖의 대서양, 인도양, 지중해 등 3개 해역에 분포한 화산은 5개로 전체의 6%에 이르고 있다. 그리고 아프리카판 내부에 2개 화산이 위치하며 이는 전체의 2%에 해당한다.

특히 2019년 기간 중에 태평양 북서부의 캄차카 반도, 쿠릴열도에서 일본, 마리아나 제도와 필리핀, 그리고 인도네시아 대순다열도(Great Sunda Islands)로 이어지는 지역에 잠재되어있는 화산들 중 37개 화산이 활동하였으며, 이는 2019년 기간 중 활동한 82개 화산 중 약 45%에 해당한다. 인도네시아의 Dukono 화산은 2019년 48주(활동 빈도 100%) 동안, 일본의 Aira (Sakurajima 화산)는 47주(활동 빈도 98%), 러시아 캄차카의 Ebeko 화산과 Sheveluch 화산이 46주(활동 빈도 96%) 동안 계속 활동하였다.

2001-2019 연도별 활동 활화산 수의 변동 추이

2001년부터 2019년까지 매년 활동한 활화산의 활동 추이는 최소 70개에서 가장 활발했던 해에 최대 104개이다(부록 1 참조). 평균적으로 보면 1년간 대략 84개의 화산이 활동하였다. 2001년부터 2004년까지는 연간 67~80개 수준이었으나 2005년 이후로 80~90개 수준으로 증가하였다. 2010년과 2011년에 84개, 2012년에는 92개, 2013년에는 97개로 증가하였다. 2014년에는 87개로 약간 감소세를 나타냈다. 가장 많은 화산이 활동한 2015년에는 104개로 증가 양상이

나타났다. 그러나 2016년에는 100개로 2017년에는 79개로 감소 폭이 컸다(Fig. 1).

2018년에는 83개의 화산이, 2019년에는 1개가 감소한 82개 화산이 활동하여 안정 상태를 유지하고 있는 것으로 보인다. 그러나 여기에서 유의해야 할 것은 매년 화산활동 통계 기간의 주별 수가 일정하지 않았음을 참고하여야 한다.

활화산 별 활동 횟수

Table 2는 2019년 1월 30일부터 12월 31일에 이르는 총 48주에 걸쳐 활동한 화산들의 활동 횟수이다. 조사기간 중, 40회 이상 활동한 화산들은 인도네시아, 일본, 러시아에 집중되어 있는데, 이 지역은 환태평양화산대이다. 각 화산체의 이름, 위치한 국가, 그리고 활동상을 지속(Ongoing), 신규(New), 그리고 전체 횟수(Total)로 정리하였다.

2019년의 48주 동안 인도네시아의 Dukono 화산이 48주, 일본의 Aira 화산이 47주, 러시아의 Sheveluch 화산과 Ebeko 화산이 각각 46주, 인도네시아의 Merapi 화산이 37주, Krakatau 화산이 33주, 러시아의 Klyuchevskoy 화산과 Karymsky 화산이 각각 30주로 기록되었다. 기타 29주~20주 동안 활동화산이 7개, 19주에서 10주 활동한 화산이 15개, 9주간 활동한 화산이 5개, 8주간 활동화산 1개, 7주간 활동화산이 3개, 6주간 활동화산이 7개, 5주간 활동화산 2개, 4주간 활동화산 4개, 3주간 활동화산이 6개, 2주간 활동화산이 10개, 그리고 가장 적은 1주간 활동화산은

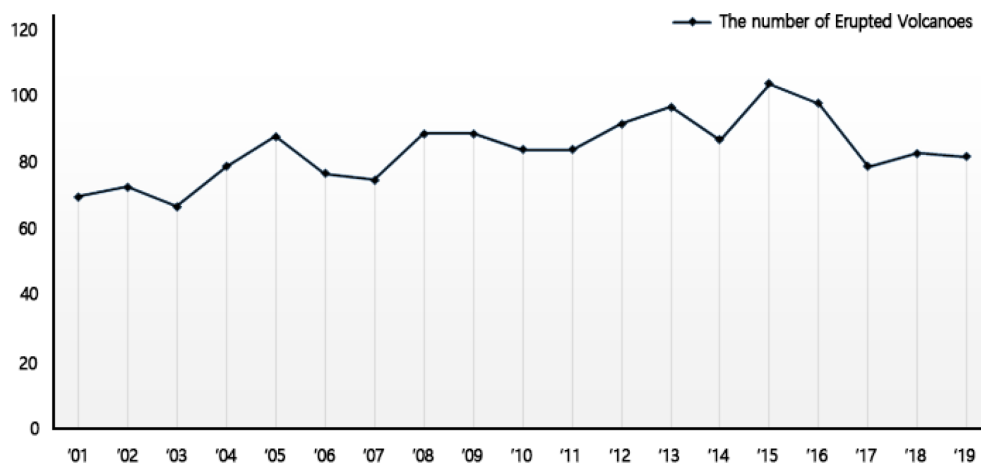


Fig. 1. Changes in the annual number of volcanic activities in the earth during the period of 2001–2019 (GVP, 2019n).

Table 2. Total frequency of weekly volcanic eruption activities in the Earth (GVP, 2019n)

Name	Location	New	Ongoing	Total
Dukono	Halmahera (Indonesia)	2	46	48
Aira	Kyushu (Japan)	0	47	47
Ebeko	Paramushir Island (Russia)	0	46	46
Sheveluch	Central Kamchatka (Russia)	0	46	46
Merapi	Central Java (Indonesia)	1	36	37
Krakatau	Indonesia	1	32	33
Klyuchevskoy	Central Kamchatka (Russia)	4	26	30
Karymsky	Eastern Kamchatka (Russia)	8	22	30
Karangetang	Siau Island (Indonesia)	5	23	28
Ibu	Halmahera (Indonesia)	0	25	25
Asosan	Kyushu (Japan)	4	18	22
Sangeang Api	Indonesia	1	21	22
Shishaldin	Fox Islands (USA)	11	11	22
NevadosdeChillan	Chile	1	21	22
Suwanosejima	Ryukyu Islands (Japan)	1	20	21
Agung	Bali (Indonesia)	0	19	19
Etna	Sicily (Italy)	2	15	17
Poas	Costa Rica	4	12	16
Sabancaya	Peru	0	14	14
Kerinci	Indonesia	0	14	14
Villarrica	Chile	7	7	14
Popocatepetl	Mexico	1	13	14
Manam	Papua New Guinea	5	8	13
Semisopchnoi	United States	8	5	13
Tangkubanparahu	Western Java (Indonesia)	5	7	12
Stromboli	Aeolian Islands (Italy)	5	6	11
Tengger Caldera	Eastern Java (Indonesia)	8	3	11
Ubinas	Peru	6	5	11
Fuego	Guatemala	0	10	10
Reventador	Ecuador	0	10	10
Turrialba	Costa Rica	0	9	9
Santa Maria	Guatemala	0	9	9
Piton de la Fournaise	Reunion Island (France)	6	3	9
Semeru	Eastern Java (Indonesia)	1	8	9
WhiteIsland	North Island (New Zealand)	6	3	9
Bezymianny	Central Kamchatka (Russia)	8	0	8
Kadovar	Papua New Guinea	1	6	7
Pacaya	Guatemala	0	7	7
Ulawun	New Britain (Papua New Guinea)	7	0	7
Rincon de la Vieja	Costa Rica	0	6	6
Copahue	Central Chile-Argentina border	3	3	6
Cleveland	Chuginadak Island (USA)	2	4	6
Colima	Mexico	4	2	6
Sinabung	Indonesia	6	0	6

Table 2. Continued

Name	Location	New	Ongoing	Total
Barren Island	Andaman Islands (India)	6	0	6
Mayon	Luzon (Philippines)	5	1	6
Sangay	Ecuador	2	3	5
Pavlof	Alaska Peninsula (USA)	5	0	5
Ambrym	Vanuatu	1	3	4
Asamayama	Honshu (Japan)	3	1	4
Great Sitkin	Andreanof Islands (USA)	3	1	4
Kirishimayama	Kyushu (Japan)	3	1	4
Azumayama	Honshu (Japan)	1	2	3
Hakoneyama	Honshu (Japan)	2	1	3
Kuchinoerabujima	Ryukyu Islands (Japan)	1	2	3
NevadodelRuiz	Colombia	1	2	3
SarychevPeak	Matua Island (Russia)	3	0	3
Veniaminof	United States	3	0	3
Alaid	Kuril Islands (Russia)	1	1	2
Awu	Sangihe Islands (Indonesia)	2	0	2
Masaya	Nicaragua	2	0	2
MetisShoal	Tonga Islands	2	0	2
Nishinoshima	Japan	2	0	2
Nyamuragira	DR Congo	0	2	2
Nyiragongo	DR Congo	0	2	2
Planchon-Peteroa	Central Chile-Argentina border	1	1	2
Raikoke	Kuril Islands (Russia)	2	0	2
Ruapehu	North Island (New Zealand)	1	1	2
Chiles-CerroNegro	Colombia-Ecuador	0	1	1
Kanlaon	Philippines	0	1	1
Kikai	Japan	1	0	1
Kurikomayama	Honshu (Japan)	1	0	1
Lateiki	Tonga Islands	1	0	1
Mauna Loa	Hawaiian Islands (USA)	1	0	1
Midagahara	Honshu (Japan)	1	0	1
San Cristobal	Nicaragua	1	0	1
Saunders	South Sandwich Islands (UK)	1	0	1
Slamet	Central Java (Indonesia)	1	0	1
Soputan	Sulawesi (Indonesia)	0	1	1
Unnamed	Tonga Islands	1	0	1
Yasur	Vanuatu	0	1	1
Kilauea	Hawaiian Islands (USA)	0	1	1

14개이다(Table 2). 화산활동이 빈번한 화산은 이미 화산재해에 대하여 경험한 바가 있어 그에 대한 대비책이 완벽하게 마련되어 있지만, 활동 횟수가 적은

화산, 또는 오랜 기간 활동이 적었거나 특별하게 오랜 기간이 지난 후 활동하는 화산에 대하여는 세심한 주의가 필요하다.

부록 2는 2018년(83개 화산)과 2019년(82개 화산)의 주별 화산활동 동향을 조사한 것이다. 이에 의하면 2018년은 매주 최소 12개에서 최대 24개의 화산이 활동하였고, 2019년에는 매주 최소 13개에서 최대 26개의 화산이 활동하였다. 화산활동의 동향은 크게 변동이 없음을 알 수 있다.

한반도 주변 국가의 화산활동 분석

세계 주요 국가별 화산 활동 현황(2001-2019)

2001년부터 2019년에 이르는 기간 중 전 세계에서 발생한 화산활동 횟수는 2001년부터 2009년까지는 지속적인 증가가 나타나고, 2010년과 2011년에는 약간 감소하였다가, 2013년부터 다시 증가하기 시작하여 2014년 916회, 2015년 1,052회, 2017년 1,024회, 2018년 1,094회, 그리고 2019년에는 872회의 활동이 발생하였다(Table 3).

특히 한반도 인근 및 국적선 취항 항공노선상에 위치한 일본, 인도네시아, 러시아, 필리핀과 미국 등 5

개 국가에는 2018년에 활동한 지구상의 전체 83개의 화산 중 53%에 해당하는 44개가 분포(Yun *et al.*, 2018)하고, 2019년에는 82개 화산 중 약 55%에 해당하는 45개가 집중한다. 태평양 연안의 주요 5개 국가의 활동상을 분석한 자료에 따라 연간 화산활동 횟수를 정리하면 Table 3 및 Fig. 2와 같다.

Table 3과 Fig. 2에서는 2001년 이후 활동화산 횟수의 점진적인 증가가 나타나며 특히 2006년을 기점으로 러시아의 화산활동이 2013년까지 큰 폭으로 증가하였음을 확인할 수 있다. 2014년과 2015년에는 인도네시아의 화산활동이 증가하였으며 이후에는 점진적으로 감소하지만, 여전히 연간 100회 이상의 화산활동이 발생하는 활발한 상태로 볼 수 있다. 일본의 경우에는 꾸준히 증가 추세를 보이며, 필리핀의 경우는 활동하는 화산의 수가 적으므로 활동 횟수 자체는 그리 많지 않다. 2015년을 기점으로 일본을 제외하고 활동 횟수 자체는 전반적으로 감소하고 있으나, 장기적으로 활동 경향을 추적하여야 화산활동의 경향성을 발견할 수 있으며 이는 화산활동의 예측과

Table 3. Numbers of volcanic activity of major country (Japan, Russia, Indonesia, Philippines, and USA) in the circum-Pacific volcanic belts and all over the world (GVP, 2019n)

Year	The number of world volcanic activity	Ratio of major countries	The number of volcanic activity in major country				
			Japan	Russia	Indonesia	Philippines	USA
2001	583	54%	16	78	111	40	72
2002	621	47%	20	115	90	6	62
2003	579	47%	13	94	91	10	67
2004	675	41%	37	85	59	7	88
2005	761	42%	21	112	56	11	122
2006	748	38%	45	54	59	43	86
2007	786	37%	30	125	68	11	82
2008	860	42%	51	116	85	5	100
2009	912	48%	97	139	116	12	70
2010	833	56%	92	177	96	15	84
2011	770	65%	86	172	129	25	90
2012	789	54%	60	157	104	2	103
2013	819	58%	65	244	102	4	63
2014	916	63%	117	190	132	18	117
2015	1,052	64%	86	227	229	12	123
2016	979	55%	52	197	191	19	74
2017	1,024	54%	68	167	157	9	148
2018	1,094	43%	125	125	147	25	52
2019	872	69%	87	185	268	7	54

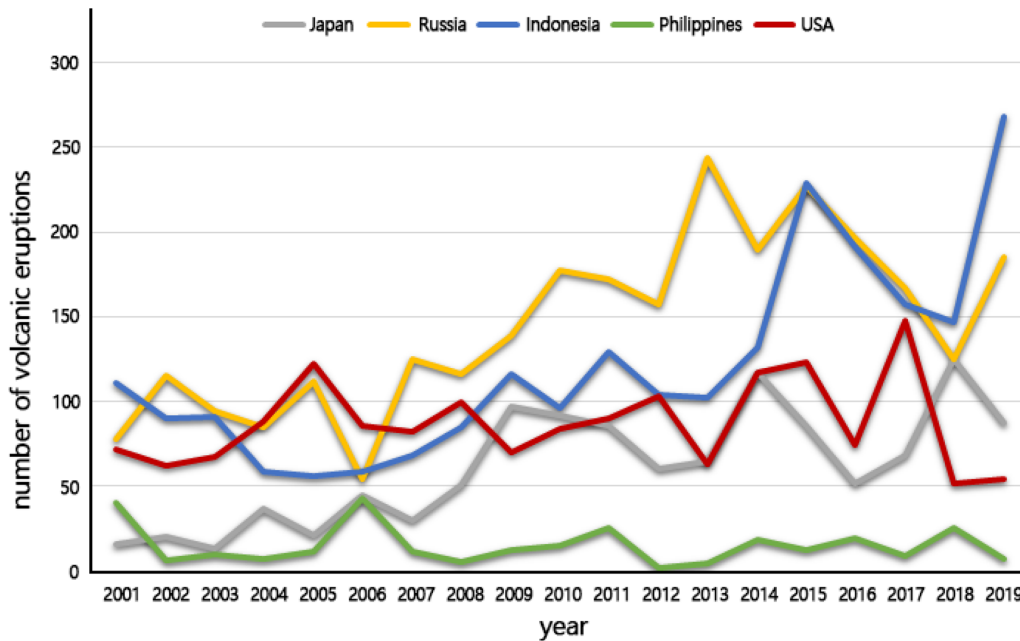


Fig. 2. Changes in the annual number of volcanic eruptions of Japan, Russia, Indonesia, Philippines, and USA from 2001 to 2019 (GVP, 2019n).

재난 대비에 유용한 정보가 될 수 있다. 또한, 이들 국가에 위치한 화산의 활동 빈도 역시 다른 지역과 비교하면 상대적으로 높다.

북서 태평양 지역에서 2018년 51주 중 최소 24주 이상 활동한 화산은 일본의 Aira, Krishimayama, 인도네시아의 Kerinci, Agung, 러시아의 Sheveluch, Ebeko, 필리핀의 Mayon 화산 등이다. 2019년 48주 동안 22회 이상 활동하였고 한반도에 상대적으로 인접하여 위치한 일본, 러시아, 인도네시아, 필리핀 및 미국 지역에 위치한 화산은 Dukono, Aira, Ebeko, Sheveluch, Merapi, Krakatau, Klyuchevskoy, Karymsky, Krangetang, Ibu, Asosan, Sangeang Api, Shishaldin(GVP, 2019m), Suwanosejima 화산 등이다(Table 2). 이들을 국가별로 분류하면 인도네시아 6개, 일본 3개, 러시아 4개, 미국 1개 등이다.

이들 중, 우리나라 주변에서 광역 화산재(wide-spread volcanic ash) 확산으로 강하화산재(fallout ash) 재해를 유발할 수 있는 화산은 주로 일본에 분포한다(Choi *et al.*, 2016). 일본의 화산들은 위치적으로 우리나라와 비교적 인접해 있어서 특히 기상장에서 광역 화산재 피해를 한반도에 미칠 수 있다. 그

리고 러시아의 캄차카 반도와 쿠릴열도 지역의 활화산들은 우리나라의 미주항공노선에 화산재의 위협을 가할 수 있다(Yun *et al.*, 2016). 이들 화산들의 활동이 위험 수준으로 재개할 경우, 한반도에 끼칠 수 있는 재해에 관하여 살펴보는 것은 광역화산재 재해로부터 우리 국민을 보호하는데 큰 의미가 있다.

토 의

예측이 불가능할 정도의 격렬한 화산활동으로 인한 지구환경의 변화가 화산 인접지역 주민들의 생활을 위협하고 있다(Yasuda *et al.*, 2011). 이에 대비하여 정부와 관련 전문가들은 화산에 대한 정확한 정보를 미리 파악하여 미래에 닥쳐올 각종 화산재해 내용을 예측하여 피해를 가능한 범위에서 저감 시킬 수 있는 대책을 수립하고, 현지 주민들도 화산체별 특정 활동 정보를 계속 모니터링하여 화산재해 발생이 예측되면 즉시 안전하게 대피할 수 있도록 대비하여야 할 것이다(Kartadinata *et al.*, 2002). 한반도 인근에 위치한 일본과 러시아 캄차카의 화산들은 지구상의 어떤 화산들보다도 빈번한 화산활동을 지속하고 있다.

우리나라 인근 지역의 화산활동이 우리나라에 미칠 영향은 물론 앞으로 발생이 예상되는 국내 화산에 대한 모니터링을 지속하여야 할 것이다.

2018년 지구상에서 활동한 83개 화산 중 한반도에 인접한 일본, 러시아, 필리핀, 인도네시아 등 4개 국가에 위치한 38개 화산에 화산활동이 집중되며, 특히 일본의 Aira(50/51), Kirishimayama(40/51) 화산은 연중 내내 지속적인 활동을 이어 갔다. 러시아의 Sheveluch(49/51), Ebeko(44/51) 화산도 그 활동 빈도가 높았다. 인도네시아의 Kerinci(29/51), Agung(26/51), Krakatau(24/51) 화산과 필리핀의 Mayon(24/51) 화산도 그 활동이 오래 지속되었다.

2019년에는 1년간 48주 중 인도네시아에 위치한 Dukono(48/48), Merapi(37/48), Karakatau(33/48), Karangetang(28/48), Ibu(25/48), Sangeang Api(22/48), Agung(19/48) 등 15개의 화산의 활동이 빈번하였고, 일본의 Aira(47/48), Asosan(22/48), Suwanosejima(21/48) 등 12개의 화산이 빈번히 활동하였다. 그리고 러시아의 Ebeko와 Sheveluch(46/48), Klyuchevskoy와 Karymsky(30/48) 등 8개 화산이 활동하였다. 미국에서는 Shishaldin(22/47) 등 8개 화산이 활동하였다. 이들 화산들은 우리나라와 비교적 근거리에서 위치하거나 미주항공노선에 인접하여 위치하므로 이들 국가에서 시행 중인 화산 감시정보를 우리나라의 관계 기관에서도 신속히 획득할 수 있도록 인접 국가들과 긴밀한 정보공유 관계를 유지하여야 한다.

연중 지속적으로 활동하는 화산은 국가별로 재난 대비가 잘되어 있는 데 비해, 분화 활동 횟수가 적은 (10회 미만) 화산은 돌발적인 활동이 예측되므로 화산활동이 시작되면 피해가 클 것으로 예상할 수 있다. 우리나라에서는 인접국가에서 폭발적 화산분화가 발생할 경우에 대비하여 기후표에 따른 계절별 기후요소(풍향, 풍속 등)에 기초하여 대비책의 강구 및 기상장을 수시로 검토하여 광역 화산재의 피해에 대비하여야 한다. 특히 수치모의 실험에 의한 특이 기상장에서의 피해 영향범위를 설정하고 주변의 화산별 영향 시나리오를 만들 필요가 있다(Yun *et al.*, 2016).

국가별 재난 발생 시 기본 행동, 난민 보호에 대한 국가의 역할을 숙지하여 우리나라에서 예상되는 화산활동으로 인한 국민의 생명과 재산 등 안전을 지키는데 필요한 화산재해 방지 대책수립에 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

결론

2019년 지구에서 발생한 화산 분화 활동을 분석한 내용은 다음과 같다.

2019년 지구에서 분화한 화산은 82개로 2018년 83개와 별다른 변동이 없다.

2019년 활동한 화산의 지리적 분포 위치를 살펴보면, 태평양 주변의 환태평양화산대에 75개 화산이 분포하고 있어 전체 화산의 91.5%를 차지하며, 대서양 연안에 3개, 인도양 연안에 2개, 그리고 지중해 해안에 2개 화산이 그리고 판 내부에 2개 화산이 분포하여 나머지 8.5%를 차지하고 있다.

화산활동이 발생한 국가들은 일본, 인도네시아, 러시아를 비롯한 22개 국가이다. 인도네시아에 15개, 일본에 12개, 러시아와 미국에 각각 8개, 칠레에 4개 화산이 활동하였다.

화산의 지리적 분포는 예년과 동일하게 환태평양 연안, 일명 “불의 고리”에 집중되고 있다.

화산활동 빈도는 1회 활동화산 14개, 2회 활동화산 10개, 3회 활동화산 6개, 4회 활동화산 4개, 5회 활동화산 2개, 6회 활동화산 7개, 7회 활동화산 3개, 8회 활동화산 1개, 9회 활동화산 5개, 10회-19회 활동화산 15개, 횟수가 잦은 20-29회 7개, 30-48회 8개 화산이 활동하였다.

활동 빈도가 높은 화산 중 한반도와 비교적 가까운 인근에 위치한 화산은 일본의 Aira, Asosan, 러시아의 Ebeko, Sheveluch, Klyuchevskoy, Karymsky 등이다.

사사

이 논문에 대하여 세심하고 건설적인 지적과 의견을 주신 익명의 심사자에게 감사드립니다. 이 연구는 기상청 기상산업지원 및 활용기술 개발사업(KMI 2018-02710)의 지원으로 수행되었습니다.

REFERENCE

- Choi, E.K., Kim, S.W., Yun, S.H. and Lee, K.H., 2016, The distribution of volcanoes around the Korean peninsula: An analysis based on the possibility of affecting Korea. *Journal of Environmental Science International*, 25, 1311-1322.

- Crosweller, H.S., Arora, B., Brown, S.K., Cottrell, E., Deligne, N.I., Guerrero, N.O., Hobbs, L., Kiyosugi, K., Loughlin, S.C., Lowndes, J., Nayembil, M., Siebert, L., Sparks, R.S.J., Takarada, S. and Venzke, E., 2012, Global database on large magnitude explosive volcanic eruptions(LaMEVE). *Journal of Applied Volcanology*, 1(4), 1-13.
- Global Volcanism Program, 2016, Holocene volcano list. National Museum of Natural History, Smithsonian Institution.
- Global Volcanism Program, 2019a, Aira, Smithsonian/USGS Weekly Volcanic Activity Report, Smithsonian Institution.
- Global Volcanism Program, 2019b, Asosan, Smithsonian/USGS Weekly Volcanic Activity Report, Smithsonian Institution.
- Global Volcanism Program, 2019c, Dukono, Smithsonian/USGS Weekly Volcanic Activity Report, Smithsonian Institution.
- Global Volcanism Program, 2019d, Ebeko, Smithsonian/USGS Weekly Volcanic Activity Report, Smithsonian Institution.
- Global Volcanism Program, 2019e, Ibu, Smithsonian/USGS Weekly Volcanic Activity Report, Smithsonian Institution.
- Global Volcanism Program, 2019f, Karymsky, Smithsonian/USGS Weekly Volcanic Activity Report, Smithsonian Institution.
- Global Volcanism Program, 2019g, Klyuchevskoy, Smithsonian/USGS Weekly Volcanic Activity Report, Smithsonian Institution.
- Global Volcanism Program, 2019h, Krakatau, Smithsonian/USGS Weekly Volcanic Activity Report, Smithsonian Institution.
- Global Volcanism Program, 2019i, Karangetang, Smithsonian/USGS Weekly Volcanic Activity Report, Smithsonian Institution.
- Global Volcanism Program, 2019j, Merapi, Smithsonian/USGS Weekly Volcanic Activity Report, Smithsonian Institution.
- Global Volcanism Program, 2019k, Sangeang Api, Smithsonian/USGS Weekly Volcanic Activity Report, Smithsonian Institution.
- Global Volcanism Program, 2019l, Sheveluch, Smithsonian/USGS Weekly Volcanic Activity Report, Smithsonian Institution.
- Global Volcanism Program, 2019m, Shishaldin, Smithsonian/USGS Weekly Volcanic Activity Report, Smithsonian Institution.
- Global Volcanism Program, 2019n, Smithsonian/USGS Weekly Volcanic Activity Report. National Museum of Natural History, Smithsonian Institution.
- Global Volcanism Program, 2019o, Suwanosejima, Smithsonian/USGS Weekly Volcanic Activity Report, Smithsonian Institution.
- Hayashi, Y. and Uhira, K., 2008, The classification of active volcanoes in Japan by way of "volcanic activity indexes" based on the eruption histories for the past 10,000 years. *Quarterly journal of seismology*, 71(1-4), 59-78. (in Japanese)
- Kartadinata, M.N., Okuno, M., Nakamura, T. and Kobayashi, T., 2002, Eruptive history of Tangkuban Perahu Volcano, West Java, Indonesia - A Preliminary Report. *Journal of Geography (Chigaku Zasshi)*, 111, 404-409.
- Woodhouse, M.J., Hogg, A.J., Phillips, J.C. and Sparks, R.S.J., 2013, Interaction between volcanic plumes and wind during the 2010 Eyjafjallajökull eruption, Iceland. *Journal of Geophysical Research-Solid Earth*, 118(1), 92-109. doi: 10.1029/2012JB009592.
- Yasuda, N., Kajitani, Y., Tatano, H. and Onodera, S., 2011, The economic influence on the civil aviation by the large scale eruption in Iceland. *Annals of Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University*, 54A, 59-65.(in Japanese)
- Yun, S.H., Choi, E.K. and Chang, C.W., 2016, Selecting hazardous volcanoes that may cause a widespread volcanic ash disaster to the Korean peninsula. *Journal of Korean Earth Science Society*, 37, 346-358. (in Korean)
- Yun, S.H., Ban, Y.B. and Chang, C., 2018, Analysis of global volcanic activity during 2018. *The Journal of the Petrological Society of Korea*. 28(1), 39-52.

Received August 13, 2020

Review started September 14, 2020

Accepted December 2, 2020

[저자 정보]

- 윤성효 : 부산대학교/지구과학교육과 교수
- 반용부 : 부산대학교 환경연구원/연수연구원
- 장철우 : 부산대학교 환경연구원/연수연구원
- 이정현 : 부산대학교 환경연구원/연수연구원

Appendix

Appendix 1. Variation in the number of volcanic activities in earth from 2001 to 2019 (Yun *et al.*, 2018; GVP, 2019n)

Year	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19
The number of erupted volcanoes	70	73	67	79	88	77	75	89	89	84	84	92	97	87	104	98	79	83	82

Appendix 2. Comparison of weekly volcanic activities on earth in 2018 and 2019 (Yun *et al.*, 2018; GVP, 2019n)

Date of 2018	Ongoing	New	Total	Date of 2019	Ongoing	New	Total
(2017) 12.27-1.2	4	8	12	1.2-1.8		*	
(2018) 1.3-1.9	2	11	13	1.9-1.15		*	
1.10-1.16	4	8	12	1.16-1.22		*	
1.17-1.23	5	13	18	1.23-1.29		*	
1.24-1.30	5	12	17	1.30-2.5	10	4	14
1.31-2.6	5	10	15	2.6-2.12	17	2	19
2.7-2.13	3	5	18	2.13-2.19	15	5	20
2.14-2.20	2	12	14	2.20-2.26	14	6	20
2.21-2.27	5	11	16	2.27-3.5	12	3	15
2.28-3.6	4	14	18	3.6-3.12	14	7	21
3.7-3.13	3	15	18	3.13-3.19	12	7	19
3.14-3.20	5	13	18	3.20-3.26	15	3	18
3.21-3.27	6	12	18	3.27-4.2	17	2	19
3.28-4.3	6	9	15	4.3-4.9	16	3	19
4.4-4.10	5	14	19	4.10-4.16	15	3	18
4.11-4.17	3	13	16	4.17-4.23	13	3	16
4.18-4.24	8	12	20	4.24-4.30	14	3	17
4.25-5.1	9	14	23	5.1-5.7	14	4	18
5.2-5.8	6	11	17	5.8-5.14	15	3	18
5.9-5.15	5	15	20	5.15-5.21	20	6	26
5.16-5.22	4	12	16	5.22-5.28	12	4	16
5.23-5.29	4	11	15	5.29-6.4	14	6	20
5.30-6.5	4	9	13	6.5-6.11	13	5	18
6.6-6.12	8	15	23	6.12-6.18	16	4	20
6.13-6.19	4	14	18	6.19-6.24	13	4	17
6.20-6.26	7	16	23	6.25-7.2	11	5	16
6.27-7.3	6	15	21	7.3-7.9	14	4	18
7.4-7.10	7	10	17	7.10-7.16	18	5	23
7.11-7.17	7	13	20	7.17-7.23	12	5	17
7.18-7.24	7	15	23	7.24-7.30	13	6	19
7.25-7.31	7	17	24	7.31-8.6	19	7	26
8.1-8.7	5	10	15	8.7-8.13	18	7	25

Appendix 2. Continued

Date of 2018	Ongoing	New	Total	Date of 2019	Ongoing	New	Total
8.8-8.14	5	15	20	8.14-8.20	16	6	22
8.15-8.21	4	14	18	8.21-8.27	16	5	21
8.22-8.28	4	14	18	8.28-9.3	21	1	22
8.29-9.4	3	17	20	9.4-9.10	19	1	20
9.5-9.11	3	11	14	9.11-9.17	15	4	19
9.12-9.18	5	15	20	9.18-9.24	19	0	19
9.19-9.25	6	16	22	9.25-10.1	19	3	22
9.26-10.2	7	14	21	10.2-10.8	17	2	19
10.3-10.9	8	14	22	10.9-10.15	13	1	14
10.10-10.16	8	12	20	10.16-10.22	12	3	15
10.17-10.23	3	15	18	10.23-10.29	12	4	16
10.24-10.30	3	15	18	10.30-11.5	13	4	17
10.31-11.6	2	17	19	11.6-11.12	10	5	15
11.7-11.13	2	13	15	11.13-11.19	13	5	18
11.14-11.20	4	9	13	11.20-11.26	13	2	15
11.21-11.27	5	15	20	11.27-12.3	15	1	16
11.28-12.4	3	17	20	12.4-12.10	10	3	13
12.5-12.11	2	14	16	12.11-12.17	10	4	14
12.12-12.18	4	12	16	12.18-12.24	10	3	13
12.19-12.25		*		12.25-12.31	12	4	16
12.26-1.1 (2019)		*					

*: No data during the U.S. government shutdown