

ORIGINAL ARTICLE

연료단지 진폐증 환자 분포현황 및 노출특성

정종현*

대구한의대학교 보건학부

Distribution and Exposure Characteristics of Pneumoconiosis Patients in Fuel Complexes

Jong-Hyeon Jung*

Faculty of Health Science, Daegu Haany University, Gyeongsan 38610, Korea

Abstract

This study was conducted to identify the pollutants generated by the fuel complex and to determine the health effects of the surrounding residents. In addition, based on the results of epidemiological surveys and health impact surveys of local residents, we analyze the distribution of patient groups and exposure characteristics according to the distance from the fuel complex boundary. Samples were collected from the briquette plant within the fuel complex and analyzed by SEM-EDXA, X-ray Fluorescence Spectrometer, and ICP. In addition, the distribution of patients and exposure characteristics were analyzed according to the distance from the fuel complex and yard boundaries. Analysis of briquette samples from the fuel complex showed that the average particle size was 10-30 μm , the shape was irregular, and SiO_2 accounted for more than 50%. It is believed that silica, which causes pneumoconiosis, may have been scattered into the air. In particular, there was a large distribution of 5 μm particles that affect respiratory diseases. According to the analysis of the residential addresses and distribution of pneumoconiosis cases, many pneumoconiosis cases were located in the area between 200 and 500 meters from the boundary of the fuel complex. In addition, 28 pneumoconiosis cases were identified as a result of the epidemiological survey and health impact survey at the fuel complex. In detail, there were 8 cases of occupational pneumoconiosis, 6 cases of environmental pneumoconiosis, and 14 cases of occupational and environmental pneumoconiosis. The confirmed pneumoconiosis cases were located between 0.3 and 1.1 kilometers from the fuel complex. It was found that environmental pollutants generated by the fuel complex adversely affect the health of local residents. In particular, there are many cases of pneumoconiosis in the area between 200 and 500 meters from the boundary of the fuel complex, and this distance is considered to be the direct and indirect impact zone of the briquette plant.

Key words : Exposure characteristics, Pneumoconiosis, Fuel complex, Epidemiological surveys

1. 서 론

최근 국민의 건강권 및 재산권 확보와 관련된 환경민원이 지속적으로 증가하고 있으며, 환경성질환에 대한 측정·조사·분석 및 모니터링을 통해 환경오염물질과

국민의 건강 영향에 관한 상관성을 규명하기 위한 다양한 연구가 진행되고 있다. 또한 전국 1200여 개의 산업단지 및 주변지역에서 건강영향조사, 환경오염조사 및 역학조사 등이 지속적으로 수행되고 있다. 본 연구 대상 지역인 연료단지에는 수십 년 동안 연탄을 제조하는 산

Received 19 January, 2024; Revised 22 January, 2024;

Accepted 24 January, 2024

*Corresponding author : Jong-Hyeon Jung, Faculty of Health Science, Daegu Haany University, Gyeongsan 38610, Korea
Phone : +82-53-812-5621
E-mail : airgas1@naver.com

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

업체가 입주하고 있었고, 도심지역에 위치하고 있다. 40여 년 동안 환경성질환 문제가 제기되어 왔고, 환경민원 문제 해결을 위하여 지역주민과 지자체, 사업주, 정부 간의 분쟁조정 및 협의가 진행된 지역이다. 석탄을 취급, 저장, 운반 및 연탄을 제조하는 과정에서 비산먼지, 분진과 중금속을 포함한 각종 대기오염물질이 발생하고, 석탄 야적장 및 오염원에서 비산된 입자상물질과 중금속 등 각종 환경오염물질에 의하여 환경민원이 지속적으로 제기되어 왔다(Jung, 2012; NIER, 2014; Jung et al., 2015).

수십년 동안 연료단지 지역에 거주하고 있는 주민들은 호흡곤란과 기침, 가래 등 만성기관지염 증상 및 호흡기계 질환의 발생을 호소하였고, 이러한 환경민원을 바탕으로 정부와 지자체는 대상지역 주민들을 대상으로 환경오염조사 및 건강영향 평가작업을 수행하였다. 이 연구에서는 연료단지 지역주민들의 건강피해와 환경오염 원인 규명을 위하여 시료 채취 후 물성분석 및 평가작업을 수행하였다. 또한, 지역주민들에 대한 역학조사 및 건강영향조사 결과를 바탕으로 연료단지 경계로부터 거리에 따른 질병자 분포현황 및 노출특성을 분석하였다. 특히 연료단지 경계로부터 수 km 이내 대상지역에서의 진폐증 환자 분포현황과 노출특성을 분석하고, 이를 바탕으로 연탄공장이 위치한 연료단지에서의 석탄입자에 의한 직·간접 영향권역을 조사 및 확인하였다. 이 연구는 석탄을 생산하는 연료단지 및 주변지역 주민들의 환경오염 노출 실태와 건강영향 문제를 파

악하기 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

2. 연구 방법

2.1. 연구대상

연료단지는 1971년 10월 대구시 동구 울암동 일대 98,485 m² 부지면적에 조성되어 연탄을 생산하였다. 1976년부터 시멘트 공장이 입주하였고, 콘크리트, 레미콘, 아스콘 업체들도 입주하여 조성되었다. Fig. 1에서는 연구가 수행된 연료단지 위치 및 지역주민들이 거주하고 있는 안심1~4동을 구분하여 나타내었다.

2.2. 시료채취 및 분석방법

이 연구에서는 연료단지 A사, B사, C사의 연탄 제조 공정에서 시료를 채취하여 물성분석을 수행하였다. 연료단지 연탄 제조과정에서 발생 및 생산되는 석탄 시료를 채취하여 물성분석 및 평가작업을 수행하였다. 연탄공장에서 채취한 시료는 한국기초과학지원연구원에 의뢰하여 초고분해능 전계방출형 주사현미경(Ultra high resolution field emission scanning electron microscope, UHR-FE-SEM, Model S-4800, Hitach, Japan)을 사용하여 물성분석을 수행하였다. 연료단지 내에 위치한 A사, B사, C사의 시료 중 화학적 구성성분 분석 및 원소 성분별 함유량을 확인하기 위하여 X-선 형광분광기(X-ray fluorescence spectrometer, XRF,

Table 1. Analysis of briquette sample in fuel complexes

(Unit : wt %)

Factory	Unit	Heating value	Volatile analysis				
			Volatile matter	Suspended volatile matter	Diameter	Height	Weight
	(ho)	(kcal/kg)					
A	1	4,460	4.69	0.00	148.60	144.46	3.588
B	1	4,540	4.40	0.00	149.05	145.47	3.544
C	1	4,550	4.60	0.00	149.04	147.60	3.600
B	1	4,600	4.78	0.00	149.76	144.25	3.615
C	1	4,500	4.34	0.00	149.3	147.17	3.645
A	1	4,430	5.77	0.00	148.12	143.99	3.571
A	1	4,430	5.77	0.00	148.12	143.99	3.571
C	1	4,540	4.61	0.00	148.70	147.52	3.640
B	1	4,580	5.25	0.00	147.97	143.39	3.604
A	1	4,420	5.00	0.00	148.24	144.22	3.541

Table 2. Chemical components of briquette sample in fuel complexes

Components	(Unit : wt%)		
	A	B	C
MgO	0.466	0.420	0.454
Al ₂ O ₃	27.326	29.160	27.699
SiO ₂	55.121	52.363	51.236
P ₂ O ₅	-	0.192	-
SO ₃	1.968	1.490	2.184
K ₂ O	6.049	6.410	5.853
CaO	1.543	0.805	1.276
TiO ₂	1.993	2.538	1.896
Fe ₂ O ₃	5.302	6.432	9.220
SrO	0.108	0.085	0.082
ZrO ₂	0.124	0.105	0.101

Table 3. Heavy metal components of briquette sample in fuel complexes

Components	(Unit : µg/g)		
	A	B	C
Cd	0.10	0.16	0.16
Cr	1.00	0.76	0.72
Cu	15.26	16.88	15.98
Mn	41.98	35.38	44.90
Ni	4.70	9.02	4.82
Pb	13.16	17.14	14.44
Fe	3120.00	3100.00	3784.00
Zn	16.26	26.58	22.16
Mg	507.80	161.22	317.00

Model PW2400, Philips, Netherlands)를 사용하였고, ICP(Inductively coupled plasma emission spectrometer, ICP OES : Optima 4300DV, Perkin Elmer, USA)를 이용하여 중금속 분석을 수행하였다.

2.3. 연료단지 지역주민 역학조사 및 건강영향조사

연료단지 주민들은 40여 년 동안 호흡곤란, 기침, 가래 등 만성기관지염 증상, 만성폐쇄성폐질환(COPD, Chronic Obstructive Pulmonary Disease), 진폐증 등 호흡기계 질환의 발생을 호소하였다. 하지만 관련 기관과 지자체는 이러한 환경성 민원과 문제점을 빠르게 해결하지 못하였다. 이러한 각종 환경성 민원을 바탕으로 본 연구진과 환경부, 국립환경과학원, 대구광역시

및 동구청은 연료단지 지역주민들을 대상으로 비산먼지, 연탄분진 및 각종 환경오염물질의 인체 영향을 규명하기 위하여 환경오염조사 및 건강영향 평가작업을 수행하였다. 역학조사 및 건강영향조사는 2013년 4월 22일부터 2014년 6월 18일까지 수행되었다. 연료단지 및 주변지역 주민들의 건강에 미치는 영향을 조사하였으며, 비산먼지 및 연탄분진 발생과 관련된 지역주민을 대상으로 건강영향조사도 수행되었다. 조사는 대구광역시 동구 안심 1~4동에 20년 이상 거주하고 있는 40세 이상 주민 8,057명 중 연료단지 반경 1.0 km 이내에 거주하고 있는 5,348명을 대상으로 하였다. 조사지역은 연료단지의 경계 외벽을 기준으로 1.0 km 거리까지 선정하였고, 경계에 걸치는 통도 해당 통 전체 주민을 대상으로 선정하였다. 1차 검사에서 총 3,135명이 참가하였고, 이 중 거주 기간을 재조사하여 20년 이상 거주한 2,980명을 최종 연구 대상으로 하였다. 1차 검사에서 환경성 호흡기계 질환이 의심되는 경우 흉부컴퓨터 단층촬영 및 폐기능 검사를 포함하는 2차 검사를 실시하였다. 대상지역 주민들의 역학조사 및 건강영향조사 결과를 바탕으로 석탄 연료단지 및 야적장 경계에서 거리에 따른 질병자 분포현황을 파악하였고, 진폐증 확진 환자군 거주지 주소 및 연료단지 경계로부터 거리에 따른 환자군 분포현황을 분석하였다.

3. 연구결과 및 고찰

3.1. 시료 물성분석 및 평가

과거 연탄공장은 덮개가 설치되어 있지 않은 저탄장 및 연탄원료 야적장이 노천에 설치되어 있는 경우에는 바람의 이류 및 확산 등에 의하여 비산먼지, 무연탄, 각종 분진 등과 같은 입자상물질이 지역주민들의 생활권역에서 손쉽게 노출되어 집단적인 환경민원이 제기되기도 하였다. 대상지역은 40여 년 동안 무연탄 취급(저장, 운반, 연탄제조 등) 공정에서 발생한 비산먼지, 침적먼지, 무연탄 및 연탄분진 등과 같은 입자상물질에 의하여 지역주민들의 건강에 악영향을 미쳤다. 특히 연료단지 내 석탄 야적장, 연탄 생산 및 제조공정, 석탄 취급공정, 저장 공간 및 보관동, 운반공정 등에서 석탄 가루, 연탄분진 등과 같은 입자상물질 및 환경오염물질 등이 지속적으로 발생되었다. Table 1에서는 대구 및 경북 지역의 가정용 연탄을 공급·제조하는 연료공장에서 분석된 연탄의 품질검사 결과를 나타내었다. 국내에서 생

Table 4. Epidemiological surveys and health impact surveys of local residents in fuel complexes

No.	Sex	Age	Residence period (year)	Occupational history	Distance (Km)	Occupational period (year)
1	M	74	41	Management and manufacturing of briquette factory	0.4	30
2	F	95	41	Farm work	0.5	50
3	M	71	28	Mining	1.1	4
4	M	70	41	Manufacturing of briquette factory	0.3	30
5	M	58	39	Coal-mining industry and construction company	1.0	3
6	M	62	33	Manufacturing of briquette factory	0.9	8
7	M	82	41	Marketing of briquette	0.9	5
8	F	93	20	Farm work	0.7	40
9	M	79	41	Working of cement plant and construction company	0.6	15
10	M	75	41	Manufacturing of briquette factory	0.6	38
11	M	69	30	Marketing of tire	0.4	25
12	M	71	41	Military affairs	0.4	31
13	M	72	41	Mining station and mining company	0.6	3
14	F	72	41	Farm work	0.4	42
15	M	66	34	Manufacturing of briquette factory	0.6	18
16	M	70	22	Military affairs	0.8	26
17	M	66	40	Working of construction company	0.5	40
18	M	69	37	Manufacturing and longshoreman of briquette factory	0.5	5
19	M	80	23	Farm work and apartment guard	1.1	27
20	M	71	41	Military affairs	0.6	30
21	F	81	40	Farm work	0.7	44
22	M	72	41	Manufacturing of briquette factory	0.4	30
23	M	77	24	Mining	0.3	2
24	M	66	41	Management of construction company	0.4	23
25	F	72	22	Farm work	0.3	35
26	M	70	38	Working of construction company	0.3	33
27	M	71	41	Electric installation of briquette factory	1.1	8
28	M	72	41	Manufacturing of briquette factory	0.7	26

산되는 무연탄은 저품위탄으로서 회분이 40~50% 정도로 매우 높고, 발열량은 4,500~6,500 kcal/kg 정도로 매우 낮아 발전용 또는 가정용 연탄의 원료로 활용되고 있다. 고정탄소는 휘발분이 휘발되고 난 후 남은 가연성의 잔류물로서 석탄에서 휘발분, 수분 및 회분을 제외한 함량으로 대부분 탄소로 이루어진다. 대상지역 연료단지에서 채취된 연탄 시료의 발열량은 4,400 kcal/kg 이상이었고, 휘발분이 4.34~5.77% 수준으로 연탄의 품질기준 1호에 해당하는 원료를 사용하였다. Fig. 2와 Fig. 3에서는 대상지역 연탄공장에서 채취한 시료의 물

성을 확인하기 위하여 초고분해능 전계방출형 주사현미경 분석결과를 나타내었다. A사, B사, C사 공장에서 채취한 시료를 SEM-EDXA로 확인한 결과, 입자의 형태는 대부분 비구형 및 불규칙 판형 형태를 나타내었다. 일부 연탄 시료의 경우 식물체 및 섬유사에서 기인한 직선성의 형태를 나타내었다. 입자 형상이 불규칙하고 각이 많은 모양을 하고 있었으며, 평균입경은 약 10~30 μm 로 조사되었으며, 호흡기계 질환에 영향을 미치는 5 μm 이하의 입자도 많이 분포하였다(Jung, 2008; Chalvatzaki, 2012; Jung, 2012; NIER, 2014).



Fig. 1. Analysis and sampling point of this study.

Fig. 4에서는 연탄 시료의 X-선 형광분광기 분석결과를 나타내었다. Table 2에서는 A사, B사, C사 공장에서 채취한 시료의 화학적 구성성분을 나타내었다. SiO_2 가 약 50% 이상으로 가장 많았고, 다음으로 Al_2O_3 , K_2O 순 등으로 검출되었다. 연탄 시료 중 SiO_2 가 50% 이상으로 검출되었으며, 진폐증의 원인이 되는 규산(silica)이 공기 중으로 비산되었을 것으로 추정된다. Table 3에서는 A사, B사, C사 연탄 시료의 ICP를 이용한 중금속 분석결과를 나타내었다. Fe가 g당 3000 μg 이상으로 가장 농도가 높았고, 다음으로 Mg 100~500 $\mu\text{g/g}$ 이었고, Mn(30~50 $\mu\text{g/g}$) 및 Zn(16~27 $\mu\text{g/g}$) 순으로 검출되었다. 석탄 야적장에서 비산되는 먼지에는 연탄분진, 규산, 중금속물질 등이 포함되어 있고, 연탄분진의 경우 대표적으로 석탄 작업장 근로자들의 진폐증을 유발한다. 대상지역 연탄공장에서는 40여년간 석탄 원료를 보관, 연탄 생산 및 유통 과정에서는 다양한 형태의 석탄 입자, 연탄분진, 미세먼지(PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$), 중금속물질과 대기오염물질이 발생되었다. 가장 많은 민원문제는 저탄장에서 석탄을 장기 저탄하면서 발생한 비산먼지와 연탄분진 문제이다. 연탄 제조과정과 저탄시설에서 발생한 분진은 비산먼지와 연탄분진의 형태로 작업환경을 악화시키고 작업효율 감소 및 작업자 호흡기 장애 문제를 유발하였고, 주민들에게 만성폐쇄성폐질환, 진폐증 등과 같은 호흡기계 질환 및 환

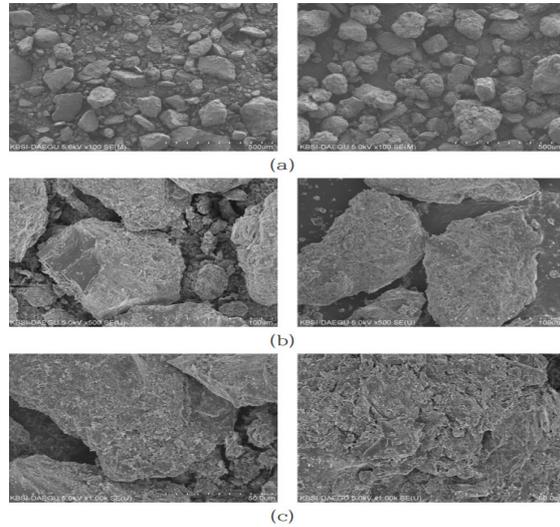


Fig. 2. SEM-EDXA micrograph of sample in fuel complexes. (a) 500 μm , (b) 100 μm , (c) 50 μm .

경성질환을 유발한 것으로 판단된다(NIER, 2014).

3.2. 연료단지 진폐증 환자 분포현황 및 노출특성

연탄공장 주변지역에는 저탄장이 설치되어 있어서 건강한 성인뿐만 아니라 환경오염물질에 취약한 노약자 및 폐질환자들이 고통을 받아왔다. 대상지역의 경우 연탄분진 및 환경오염물질에 의한 호흡기계 질환 발생이 보고되었다. 미세먼지 및 중금속물질이 일부 기간에 대기환경 기준치를 초과하였고, 다른 지역에 비하여 높은 수준을 나타내었다. 환경노출 분석 및 측정을 통해 연료단지 지역주민들의 연탄분진과 비산먼지에 대한 노출을 확인하였다. 설문조사에 의한 호흡기계 질환 증상 호소율 및 폐기능검사의 만성폐쇄성폐질환 분율을 이용한 인구학적 특성 및 거리별 용량-반응관계 등의 관련성을 파악함으로써 역학적으로 연료단지의 환경오염 노출이 건강장애에 영향을 미치는 기초자료를 확보하였다. 특히 환경오염 노출 중에서 실리카 결정체에 노출 또한 만성폐쇄성폐질환의 위험요인으로 조사되어 연탄분진에 장시간 노출된 지역주민들의 만성폐쇄성폐질환은 환경적 요인으로 판단되며, 연탄분진 및 대기오염물질이 유발하였거나 악화시켰을 가능성이 있다고 판단된다. 이 연구에서 환경오염 노출에 의한 환경성질환을 진폐증과 만성폐쇄성폐질환으로 정의하였다. Table 4에서는 연료단지 지역주민 역학조사 및 건강영

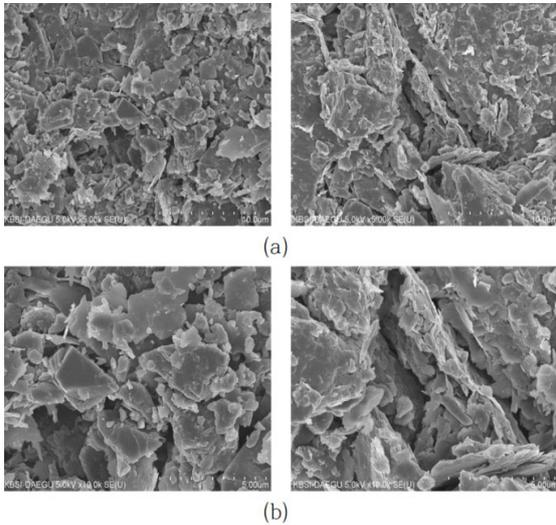


Fig. 3. SEM-EDXA micrograph of sample in fuel complexes. (a) 10 μm , (b) 5 μm .

향조사 결과를 나타내었고, 본 조사에서 확인된 진폐증 환자에 대한 심층 인터뷰 작업 및 직업력 확인 결과를 나타내었다. 대상지역에서 조사를 위하여 지역주민들의 주민등록초본을 통한 거주력 확인 작업을 수행하였다. 모두 거주력 20년 이상이였다. 진폐증이 확인된 사례에 대해서는 모두 노동부, 국세청 등을 통한 과거 직업력을 확인하여 반영하였다. 본 조사에서는 지역주민들의 대상지역 거주기간 및 직업력(근무 기간) 유무에 따라 환경성 또는 직업성으로 구분하였다. Table 4의 No. 2, 8, 11, 14, 16, 19, 21, 25 등 8명의 사례는 직업적 노출이 없어 환경성 진폐증으로 판단하였다. No. 1, 4, 10, 15, 22, 28 등 6명의 사례는 연탄공장에 20년 이상 근무하여 직업성 진폐증으로 판단하였다. 그 외 직업의 경우, 탄광(2년, 3년, 4년) 근무자, 연탄 장사(5년), 시멘트 하차(15년), 건설현장(33년, 40년), 연탄 제조(5년, 7년, 8년) 등의 사례는 직업적 노출이 경미하거나 명확하지 않아 환경성과 직업성 진폐증 혼합으로 판정하였다. No. 12, 20, 24 등의 3명의 사례는 진폐증과 직접적인 직업력 관련기록은 없으나, 건설과 관련된 직업력이 있어 환경성 진폐증에서는 제외하였다. 직업적 노출이 없어 환경성 진폐증으로 판단된 8명의 사례는 연료단지로부터 0.3~1.1 km에 분포하고 있었다. No. 19를 제외하고 모두 1 km 안쪽에 20년 이상 거주하였다. No. 19의 경우 1 km 바깥쪽에 거주하였으나, 각산

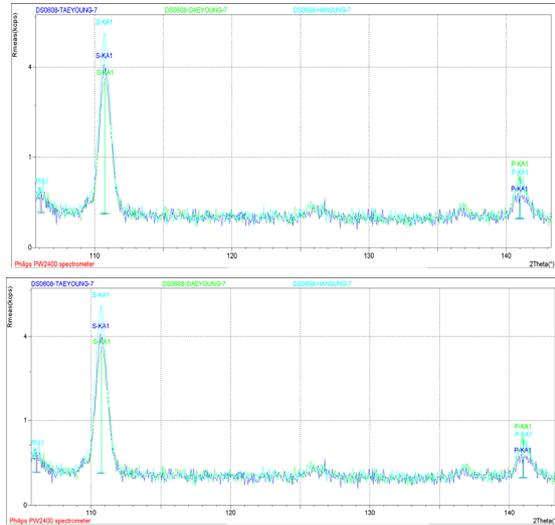


Fig. 4. XRF profile of sample in fuel complexes.

동 지역은 분진 농도가 높은 겨울철에 복서풍의 영향을 받아 2 km까지 영향을 미칠 수 있는 관계로 환경성 진폐증으로 판단하였다. 특히 대상지역의 경우 직업적 노출이 아닌 대기 중 노출에 의해 지역주민들의 폐암, 진폐증, 만성폐쇄성폐질환 등과 같은 호흡기계 질환 및 환경성질환이 발생한 것으로 판단된다. 특히 40여 년 동안 지역주민들은 각종 환경오염물질에 지속적으로 악영향을 받아 진폐증과 만성폐쇄성폐질환 등 환경성질환이 발생한 것으로 판단된다(NIER, 2014).

지역주민들을 대상으로 진행한 설문조사 결과, 연료단지로부터 500 m 안쪽에 거주하는 주민들이 가래와 호흡곤란 등 호흡기계 증상을 호소하는 비율이 연료단지로부터 0.5~1 km 바깥쪽에 거주하는 주민들보다 높은 것으로 확인하였다. 진폐증은 특정 분진에 장기간 노출 없이는 발생할 수 없는 질병이며, 대상지역에서 진폐증이 발생한 것은 연탄분진에 노출되었기 때문이다. 특별한 직업력이 없이 진폐증이 발생하였다면 환경오염물질의 노출에 의한 것으로 판단된다. 진폐증 확진자의 거주지 주소 및 환자군 분포현황을 분석한 결과, 연료단지 경계로부터 수백 미터 내에 대부분 진폐증 확진 환자들이 거주하고 있었다. 대상지역에서 역학조사 및 건강영향조사 결과 직업성 진폐증 환자는 28명으로 확인되었다. 2차 검진 결과 도출된 진폐증 28명에 대한 심층 인터뷰 결과, 대상지역에서의 거주력은 20년 이상



Fig. 5. Region distributions of pneumoconiosis patients in fuel complexes.

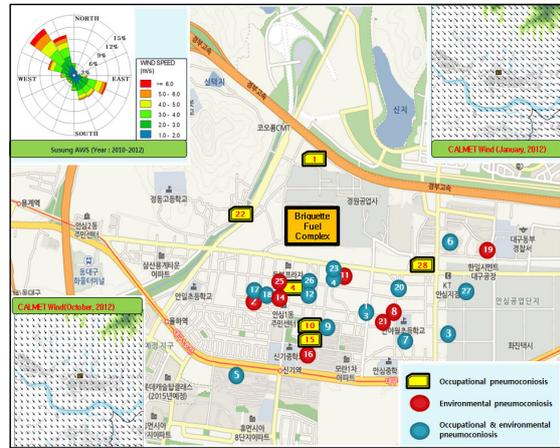


Fig. 6. Wind zone and residence characteristics of pneumoconiosis patients in fuel complexes.

이었다. 28명의 진폐증 환자에 대한 8명은 직업적 노출이 없어 환경성 진폐증으로 판단하였다. 6명은 연탄공장에 20년 이상 근무하여 직업성 진폐증으로 판단하였다. 이외 직업의 경우, 환경성과 직업성 진폐증 혼합으로 판정하였다. 본 연구팀의 이전 연구(NIER, 2014; Jung et al., 2015a; Jung et al., 2015b, 2015c)에서 납 안정동위원소를 이용한 석탄 오염원의 주택침적먼지 영향권역을 분석한 결과, 동쪽≥남쪽>서쪽 방향으로 영향을 받아왔고, 연료단지 오염원 - 경계지역 - 주거지역 - 주택지역의 인과관계를 확인하였다. 또한, 오염원을 석탄연료(C, N, Pb 안정동위원소비), 주변토양(C, N 안정동위원소비), 도로먼지(C, N 안정동위원소비), 배경대기(Pb)로 한정하여 평가한 결과, 연료단지 석탄원료의 주택 침적먼지 기여율은 연료단지로부터 500 m 이내에서 탄소·질소 안정동위원소비로는 평균 24.0%(0.7~62.7%), 납 안정동위원소비로는 평균 33.9%(26.6~54.1%)로 확인하였다. Fig. 5는 연료단지 주변의 환자군 분포지역을 나타낸 것이다. 진폐증 확진 환자군 거주지 주소 및 연료단지 경계로부터 거리에 따른 환자군 분포현황을 분석한 결과, 연료단지 경계로부터 수백 미터 내에 대부분의 진폐증 확진 환자들이 거주하고 있는 것으로 확인되었다. 또한, 연료단지 경계로부터 200~500 m 내·외 지역에 진폐증(직업성 진폐증, 환경성 진폐증, 직업·환경성 진폐증) 확진환자가 다수 거주하고 있는 것으로 확인되었다. 역학조사 및 건강영향조사 결과 직업성 진폐증 환자는 8명, 환경

성 진폐증 환자는 6명, 직업·환경성 진폐증 확진환자는 14명으로 확인되었다. 직업적 노출이 없어 환경성 진폐증으로 판단된 8명의 사례는 연료단지로부터 0.3~1.1 km에 분포하고 있었다(NIER, 2014).

Fig. 6에서는 연료단지 바람 영향지역과 환자군 분포지역을 나타내었다. 대상지역은 북서풍이 우세하나 여름의 경우 남동풍이 주풍으로 확인되었다. 겨울(1월)과 봄(4월)은 북서계절풍의 영향으로 북서풍이 주풍이다. 여름(7월)에는 남동풍이 주풍이나, 가을(10월)에는 다시 북서풍이 주풍이다. 연료단지에서 비산된 분진과 먼지는 주요 영향권역은 남동지역과 북서지역이다. 가을과 겨울에 분진과 비산먼지의 확산 반경이 넓었으며, 주요 영향지역은 안심3동과 안심4동이였다. 연료단지에서 연탄분진과 비산먼지는 대기 농도에 영향을 주었고, 주민들의 호흡기계 질환 및 환경성질환에 많은 악영향을 미쳤다. 다양한 형태의 환경오염물질이 대상지역 주민들에게 직·간접적으로 악영향을 미치고 있는 것으로 판단된다. 특히 연료단지 경계로부터 200~500 m 내·외 지역에 진폐증(직업성 진폐증, 환경성 진폐증, 직업·환경성 진폐증) 확진환자가 많이 거주하였다. 연탄공장이 위치한 연료단지 경계로부터 200~500 m 지역이 연탄공장에서의 연탄분진과 석탄입자에 의한 직·간접 영향권역으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 연료단지 지역주민들의 건강피해와 환경오염 원인 규명을 위하여 채취 시료의 물성분석 및 평가작업을 수행하였다. 또한, 지역주민들의 역학조사 및 건강영향조사 결과를 바탕으로 연료단지 경계로부터 거리에 따른 질병자 분포현황 및 노출특성을 분석하였다. 이상의 연구로부터 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 40여 년 동안 무연탄을 취급(저장, 운반, 연탄제조 등) 공정에서 발생한 연탄분진, 비산먼지, 침적먼지, 무연탄, 석탄입자 등과 같은 입자상물질에 의하여 지역주민들의 건강에 악영향을 받아 왔다. 연료단지 연탄공장에서 시료를 채취하여 물성분석을 수행한 결과, 입자 형상이 불규칙하였고 성분은 SiO₂가 약 50% 이상이었으며, 평균입경은 약 10~30 μm로 조사되었다. 진폐증의 원인이 되는 규산(silica)이 공기 중으로 비산 되었을 것으로 추정되며, 호흡기계 질환에 영향을 미치는 5 μm 이하 입자가 많이 분포하였다.
2. 연료단지 및 야적장 경계로부터 거리에 따른 환자군 분포현황 및 노출특성을 조사하고, 진폐증 확진자의 거주지 주소 및 환자군 분포현황을 분석한 결과, 연료단지 경계로부터 200~500 m 지역에 많은 진폐증 확진자들이 거주하였다. 연료단지에서 역학조사 및 건강영향조사 결과, 직업성 진폐증 환자는 28명으로 확인되었다. 2차 검진 결과 도출된 진폐증 28명에 대한 심층 인터뷰 결과, 직업성 진폐증 환자는 8명, 환경성 진폐증 환자는 6명, 직업·환경성 진폐증 환자는 14명이었다. 진폐증으로 확진된 지역주민은 연료단지로부터 0.3 ~ 1.1 km에 거주 및 분포하고 있었다.
3. 연료단지에서 발생한 다양한 형태의 환경오염물질이 대상지역 주민들에게 직·간접적으로 영향을 미치고 있는 것으로 판단된다. 연료단지 경계로부터 200~500 m 내·외 지역에 진폐증(직업성 진폐증, 환경성 진폐증, 직업·환경성 진폐증) 확진환자가 많이 거주하였다. 연탄공장이 위치한 연료단지 경계로부터 200~500 m 지역이 연탄분진과 석탄입자에 의한 직·간접 영향권역으로 판단된다.

REFERENCE

Chalvatzaki, E., 2012, The effect of dust emissions from open storage piles to particle ambient concen-

tration and human exposure, *Waste Manage.*, 32, 2456-2468.

Jung, J. H., 2008, Effects of air pollutants on the health/environmental risk assessment and weathering of stone cultural properties in Gyeongju and its vicinities, Ph. D. Dissertaion, Daegu Haany University, Daegu, Republic of Korea.

Jung, J. H., 2012, Health risk assessments and concentrations of environmental pollutants in an industrial complex, Ph. D. Dissertaion, Dongguk University, Seoul, Republic of Korea.

Jung, J. H., Cho, S. W., Lim, H. S., 2012a, Distribution characteristics of environmental contaminant at soil in an Industrial Complex Area, *Clean Technol.*, 18, 200-208.

Jung, J. H., Oh, I. B., Phee, Y. G., Nam, M. R., Hwang, M. K., Bang, J. H., Jeon, S. B., Lee, S. S., Yu, S. D., Kim, B. S., Yoo, S. J., Lee, K., Lim, H. S., 2015a, Exposure assessments of environmental contaminants in ansim briquette fuel complex, Daegu(I) -Effect zone of environmental pneumoconiosis and fugitive dust-, *J. of Kor. Soc. of Occup. and Env. Hyg.*, 25, 366-379.

Jung, J. H., Phee, Y. G., Lee, J. J., Oh, I. B., Shon, B. H., Lee, H. D., Yoon, M. R., Kim, G. B., Yu, S. D., Min, Y. S., Lee, K., Lim, H. S., 2015b, Exposure assessments of environmental contaminants in ansim briquette fuel complex, Daegu(II) -Concentration distribution and exposure characteristics of TSP, PM₁₀, PM_{2.5}, and heavy metals-, *J. of Kor. Soc. of Occup. and Env. Hyg.*, 25, 380-391.

Jung, J. H., Phee, Y. G., Shon, B. H., Bae, H. J., Yang, W. H., Kim, J. Y., Kim, G. B., Choi, J. W., Park, S. J., Lee, K., Lim, H. S., 2015c, Exposure assessments of environmental contaminants in ansim briquette fuel complex, Daegu(III) -Contribution and distribution characteristics of air pollutants according to elemental carbon, crystalline silica, and stable isotope ratio-, *J. of Kor. Soc. of Occup. and Env. Hyg.*, 25, 392-404.

National Institute of Environmental Research, 2014, A Study on health hazard evaluation among residents in fuel complex, Ansim, Daegu. 1-491.

National Institute of Environmental Research, 2010, The monitoring study on exposure level and bio-marker of environmental pollutants in the Pohang industrial complex (5th annual report).

• Professor. Jong-Hyeon Jung
Faculty of Health Science, Daegu Haany University
airgas1@naver.com