Check for updates

ISSN 1229-8565 (print) ISSN 2287-5190 (on-line)
한국지역사회생활과학회지 33(1): 139~148, 2022
Korean J Community Living Sci 33(1): 139~148, 2022
http://doi.org/10.7856/kjcls.2022.33.1.139

완주군 농촌마을 지역의 미세먼지 측정 농도와 대기오염측정망과의 비교 평가

이 민 지 · 최 동 필 · 김 경 수†

농촌진흥청 국립농업과학원 농업인안전보건팀 농업연구사

Comparative Evaluation between Particulate Matter Concentrations in Rural Villages in Wanju-gun and the Air Pollution Monitoring Network

Minji Lee · Dongphil Choi · Kyungsu Kim†

Researcher, Agricultural Safety and Health Division, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Wanju, Korea

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the concentration of particulate matter less than 10 micrometers in diameter or less than 2.5micrometres in diameter (PM_{10} and $PM_{2.5}$) in rural villages, and thus protect the health of elderly farmers, by using the air pollution monitoring network data based on the particulate matter forecast grade. The sampling sites selected included a farm-work environment and the village entrance in the Wanju-gun village. PM_{10} and $PM_{2.5}$ were measured using a portable aerosol spectrometer (PAS). When the particulate matter forecast grade was good and normal, PM_{10} and $PM_{2.5}$ monitoring were performed once every two weeks. When the forecast grades were poor and very poor, PM_{10} and $PM_{2.5}$ monitoring was performed daily. To compare the air pollution monitoring network data to the PM_{10} and $PM_{2.5}$ levels measured at the sampling sites, the data were extracted from Air Korea. When the particulate matter forecast grade was poor, the concentration of PM_{10} and $PM_{2.5}$ in the farm-work environment (80.1 ㎍/㎥, 54.1 ㎍/㎥) was the highest among all the sites (air pollution monitoring network: 78.8 ㎍/㎥, 41.4 ㎍/㎥, village entrance: 68.1 ㎍/㎥, 53.3 ㎍/㎥). Also, the concentration of $PM_{2.5}$ was significantly different between the sampling sites and the air pollution monitoring network during the sampling period (p=0.002). When the particulate matter forecast grade was poor, the sampling sites showed a higher $PM_{2.5}/PM_{10}$ ratio (farm-work environment: 0.68, village entrance: 0.78) compared to the air pollution monitoring network (0.52). Based on these results, when the fine dust forecast is bad, farmers living in rural areas need to reconsider leaving their homes for farming or for any other activity. Also, it is essential to carry out particulate matter management in rural areas, including farm-work environments and residential areas.

Key words: agriculture, farmer, PM_{10}, $PM_{2.5}$, rural area

This work was carried out with the support of "Cooperative Research Program for Agriculture Science and Technology Development (Project No. PJ01249104)" Rural Development Administration, Republic of Korea.
Received: 26 January, 2022 Revised: 11 February, 2022 Accepted: 24 February, 2022

†**Corresponding Author**: Kyungsu Kim Tel: +82-63-238-4174 E-mail: kks1@korea.kr

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.

Ⅰ. 서론

미세먼지는 대기 중 부유하거나 흩날려 내려오는 입자상 물질(Particulate Matter, PM)로 먼지의 크기에 따라 입자 직경이 10 ㎛ 이하는 미세먼지(PM_{10}), 2.5 ㎛ 이하를 초미세먼지($PM_{2.5}$)라고 한다. 국내 연도별 미세먼지 농도 추이는 2000년도 초반 이후 전반적으로 감소하는 추이를 보이고 있지만(Yeo & Kim 2019), 2017년 기준 OECD 회원국가와 비교했을 때 두 번째로 높았다(OECD 2018). 미세먼지 관리를 위해 환경부에서는 미세먼지 예보 등급을 설정하여 매일 예보하고 있으며, 2017년에 '미세먼지 관리 종합 대책'을 수립하였다. 또한, 2019년부터는 미세먼지 생성물질의 배출을 저감하고 관리함으로써 국민의 건강에 영향을 미치는 것을 예방하고자 '미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법'을 시행하고 있다.

세계보건기구(WHO)에서는 미세먼지를 사람에게 발암이 확인될 수 있는 1군 발암물질로 지정하였고 대기오염물질 중 건강에 가장 큰 영향을 미친다고 보고함에 따라(IARC 2013), 국민 대부분이 인체에 미치는 건강 영향에 관한 인식도 높아지고 있다. 미세먼지로 인한 건강 영향은 일반인을 비롯한 모든 계층에서 영향을 미치지만, 주로 면역력이 약한 어린이, 임산부, 고령자, 기저질환자 등이 더 위험하다고 보고 하고 있으며(Jo et al. 2018), 고령자의 경우 심혈관 질환 등 중증질환을 가지고 있는 경우가 많아 증상이 악화될 수 있다. 일반적으로 미세먼지에 노출이 되면 코, 기관지에 접촉되어 천식, 알레르기성 비염, 기관지염 등 호흡기계에 영향을 준다(Nakao et al. 2018; Sanyal et al. 2018). 특히, 초미세먼지($PM_{2.5}$)는 폐포에 직접 침투가 가능하므로 만성폐쇄성폐질환, 뇌심혈관질환 등 호흡기계질환 및 심혈관질환을 증가시키는 것으로 보고되고 있다(Chan et al. 2019; Kim 2019).

'미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법 시행령' 제14조에 따르면, 미세먼지 노출에 취약한 계층으로 어린이, 노인, 호흡기·심장질환자 등으로 구분하였으며, 옥외 작업자, 교통시설 관리자 등 미세먼지에 노출될 가능성이 큰 계층에 포함한다. 이중, 옥외 작업자는 장기간 야외 활동으로 미세먼지에 노출되기 쉬운 농·어업인 등을 포함하고 있으며 특히, 농업인은 대부분 고령자이며 농작업장 인근에 거주하므로 농작업시 발생하는 분진 등 다양한 배출원에 의해 미세먼지 노출에 가중된다.

농촌지역의 미세먼지 노출 농도를 확인하기 위해 관련된 연구들이 진행되고 있으며, Jeong et al.(2018)은 농업 용지가 밀집된 농촌지역에서 장기간 $PM_{2.5}$를 측정한 결과 평균 농도가 연평균 기준(15 ㎍/㎥)을 초과한 20.1 ± 10.1 ㎍/㎥ 수준이라고 보고하였다. Lee & Yun(2020)은 공간보간법을 이용하여 농촌마을 미세먼지 농도를 추정한 결과 대기오염측정망보다 농촌마을에서 $PM_{2.5}$ 농도가 6.78% 더 높게 나타났다고 보고하였다.

기존의 연구들은 농촌지역에서 단기간 대기질에 대한 농도를 확인하였으며 농업인의 실제 노출량과 관련된 직접적인 영향을 평가한 연구는 거의 없었다. 또한, 2019년 기준 국내 미세먼지 측정소는 30%가 수도권에 편중되어 있고(Air Korea 2019), 대부분의 측정소 위치는 도심지 위주로 배치되어 실제 농촌마을 지역의 특성에 맞는 미세먼지 노출량 파악이 어려운 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 농업활동이 주로 이루어지는 농촌지역의 1개 마을을 대상으로 농업인의 호흡기 위치에서 미세먼지 농도를 파악하고 미세먼지 예보 등급에 따라 해당 지역의 대기오염측정망과 농촌마을 지역의 미세먼지 농도 비교를 통해 일부 농촌지역에서 발생하는

미세먼지 수준을 확인하고자 한다.

Ⅱ. 연구방법

농촌마을 지역의 미세먼지 노출량 평가를 위해 전북지역 농업경영체 수를 파악하였다. 전북권 대상으로 농업경영체 수가 많은 완주군으로 선정하였으며, 완주지역 중 농업경영체 수가 많은 봉동읍 지역으로 1개 마을을 선정하였다(MAFRA 2020). 측정 대상 마을의 주 재배 작목은 대파, 마늘, 벼이며, 30가구 정도 거주하고 있었다. 측정 지점은 총 2곳으로 마을 입구(마을회관 근처), 농작업 활동 지역으로 구분하였다(Fig 1).

측정 기준은 환경부 규제 기준으로 미세먼지 예보 등급에 따라 측정을 진행하였다(Table 1). 측정 기간은 2020년 6월부터 2021년 4월까지 약 11개월이며, 미세먼지 예보 등급이 나쁨일 경우

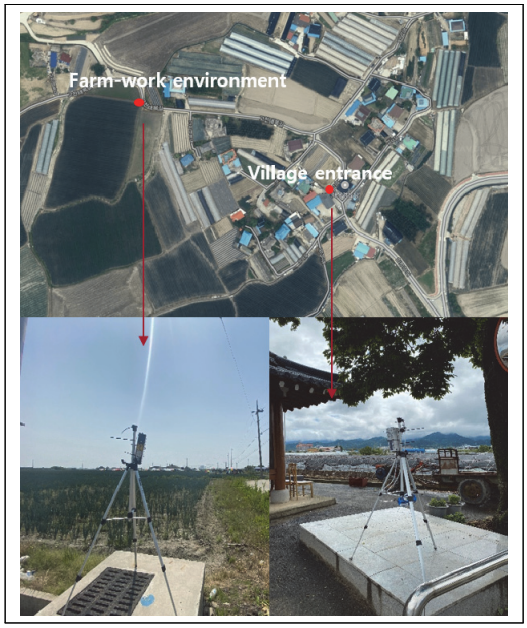

Fig 1. Sampling sites for particulate matter.

Table 1. Particulate matter forecast grade as per the Korean Ministry of Environment

Particulate matter	Grade(24-hour average, ㎍/㎥)			
	Good	Normal	Poor	Very poor
PM_{10}	0~30	31~80	81~150	151~
$PM_{2.5}$	0~15	16~35	36~75	76~

PM_{10} : Particulate matter less than 10 micrometers in diameter

$PM_{2.5}$: Particulate matter less than 2.5 micrometers in diameter

1일에 1번 항상 측정을 수행하였으며, 좋음과 보통일 경우 월 2회를 기준으로 측정을 진행하였다. PM_{10}과 $PM_{2.5}$의 노출량은 광산란법을 사용한 직독식 기기로 선행연구에서 베타선 흡수법과의 신뢰성이 높다고 알려진 Portable Aerosol Spectrometer (PAS, Grimm 11-A, Germany) 장비를 활용하여 측정하였다(Park et al. 2016; Lee & Park 2019). 측정 위치는 농업인의 호흡기 위치를 고려하여 150 cm~160 cm로 설정하였으며, 측정 시간은 오전 10시부터 16시까지 총 6시간을 기준으로 하였다. 또한, 환경부에서 운영하는 완주군 봉동읍에 설치된 베타선 흡수법을 사용하는 대기오염측정망과의 비교를 위해 측정 일자별로 해당 지역에 대한 데이터를 Air Korea에서 추출하여 비교하였다.

측정 결과는 모두 산술평균 ± 표준편차로 표시하였으며, 측정 지점별 PM_{10}, $PM_{2.5}$ 노출량 및 대기오염측정망과 농작업 활동 지역의 PM_{10}, $PM_{2.5}$ 농도 비교를 위해 One way ANOVA를 수행하였다. 자료처리를 위한 모든 통계분석은 SAS package (Version 9.4) 프로그램을 이용하여 수행하였다.

Ⅲ. 결과

미세먼지 예보 등급에 따른 측정 지점 간 PM_{10} 및

$PM_{2.5}$ 농도는 Table 2, 3과 같다. PM_{10}의 미세먼지 예보 등급별 총 측정한 시간은 좋음 (41시간), 보통 (88시간), 나쁨 (18시간)이었으며, PM_{10}의 평균 농도는 미세먼지 예보 등급별 측정 지점 간 비슷하게 나타났다. 미세먼지 예보 등급이 나쁨일 때, 농작업 활동 지역(80.1 ㎍/㎥)의 PM_{10} 농도가 대기오염측정망(78.8 ㎍/㎥), 마을 입구 (68.1 ㎍/㎥)보다 높았다. 전체 측정 기간 동안 측정 지점간 비교한 PM_{10} 농도는 통계적으로 유의한 차이(p=0.897)가 없었다(Table 2).

$PM_{2.5}$의 미세먼지 예보 등급별 총 측정한 시간은 좋음(42시간), 보통(76시간), 나쁨 (27시간)으로 나타났다. PM2.5 농도는 미세먼지 예보 등급이 보통일 때, 마을 입구(34.5 ㎍/㎥), 농작업 활동 지역 (32.9 ㎍/㎥), 대기오염측정망(25.3 ㎍/㎥) 순으로 마을 입구가 가장 높았다. 미세먼지 예보 등급이 나쁨일 경우에도 농작업 활동 지역(54.1 ㎍/㎥), 마을 입구(53.3 ㎍/㎥)의 $PM_{2.5}$ 농도가 대기오염측정망 (41.4 ㎍/㎥)에 비해 높았다. 전체 측정 기간 동안 측정 지점 간 비교한 $PM_{2.5}$ 농도는 통계적으로 유의한 결과(p=0.002)를 나타냈다(Table 3).

미세먼지 예보 등급별 측정 지점간 $PM_{2.5}/PM_{10}$

Table 2. Concentration of PM_{10} by particulate matter forecast grade

Grade / Site	Good				Normal				Poor				Mean	p-value[3]
	N[1]	Range[2]	Mean[2]	SD	N[1]	Range[2]	Mean[2]	SD	N[1]	Range[2]	Mean[2]	SD		
Air pollution monitoring network	42	7.0 – 35.0	18.2	7.9	93	16 – 102	50.0	19	18	63.0 – 116.0	78.8	14.1	49.0	0.897
Farm-work environment	41	4.7 – 44.5	17.8	8.9	90	19 – 111	50.0	22	18	65.0 – 127.4	80.1	16.2	49.3	
Village entrance	41	6.1 – 34.8	16.4	8.9	81	24 – 114	52.0	22	18	43.7 – 114.1	68.1	20.8	45.5	

[1] N: Total measurement time in hrs
[2] PM concentration in ㎍/㎥
[3] p-value: Comparison of measurement locations (One-way ANOVA using GLM)

Table 3. Concentration of $PM_{2.5}$ by particulate matter forecast grade

Grade / Site	Good				Normal				Poor				Mean	p-value[3]
	N[1]	Range[2]	Mean[2]	SD	N[1]	Range[2]	Mean[2]	SD	N[1]	Range[2]	Mean[2]	SD		
Air pollution monitoring network	42	3.0 – 15.0	7.8	2.9	78	7.0 – 55.0	25.3	11.9	27	23.0 – 75.0	41.4	12.3	24.8	0.002
Farm-work environment	42	2.3 – 16.6	6.9	4.9	75	6.4 – 80.0	32.9	16.6	27	29.7 – 80.4	54.1	11.8	31.3	
Village entrance	42	6.8 – 23.0	6.8	5.5	75	13.5 – 81.5	34.5	15.2	27	29.7 – 75.0	53.3	11.9	31.5	

[1] N: Total measurement time in hrs
[2] PM concentration in ㎍/㎥
[3] p-value: Comparison of measurement location (One-way ANOVA using GLM)

비는 Table 4와 같다. 미세먼지 예보 등급이 보통, 나쁨일 경우, $PM_{2.5}/PM_{10}$ 비는 모든 측정 지점에서 0.5 이상으로 나타났다. 특히, 미세먼지 예보 등급이 나쁨일 때 모든 측정 지점에서의 $PM_{2.5}/PM_{10}$ 비가 높았으며, 이 중 마을 입구는 0.78로 가장 높게 나타났다.

Table 4. $PM_{2.5}/PM_{10}$ ratio for each sampling site by particulate matter forecast grade

Site	Grade			Mean
	Good	Normal	Poor	
Air pollution monitoring network	0.43	0.51	0.52	0.49
Farm-work environment	0.39	0.66	0.68	0.57
Village entrance	0.41	0.70	0.78	0.63
Mean	0.41	0.61	0.66	

전체 측정 기간 동안 대기오염측정망, 농작업 활동 지역, 마을 입구 3곳의 측정 지점에서 PM_{10}, $PM_{2.5}$ 농도는 Fig 2, 3과 같다. 총 측정기간 동안 측정 횟수는 25회였으며, 대기오염측정망에 비해 농작업 활동 지역이 높은 측정일은 PM_{10} 11회, $PM_{2.5}$는 15회로 나타났다. 전반적으로 측정 지점간 PM_{10}, $PM_{2.5}$ 농도는 비슷한 경향을 보였다.

Ⅳ. 고찰

농촌지역의 고령 인구 비율은 2019년 46.6%로 지속적으로 증가하는 추세이며(KOSIS 2019), 농업인들은 대부분 농작업장 주변에 거주하고 있다. 농촌지역은 농작업 환경과 거주지역이 공존하는 특성을 가지며, 주변 축사에서 발생하는 먼지나 입자상 물질 등은 농장 부지경계선 외부 10 km 밖까지 확산한다고 알려져 있다(Otake et al. 2010). 이에, 본 연구에서는 농촌마을 지역에서 거주하고 생활하는 고령 농업인 등이 미세먼지 노출에 취약한 계층이며, 농작업 환경에 의해 노출이 가중될 수 있으므로 실제 농촌마을 지역의 PM_{10} 및 $PM_{2.5}$ 노출 수준을 확인하였다. 또한, 미세먼지 예보 등급에 따라 대기오염측정망과 실제 농촌마을 지역에서 측정한 미세먼지 농도를 비교 하였다.

본 연구에서 측정 지역으로 선정한 전라북도 완주군 봉동읍의 대기오염측정망은 대기환경보전법 제3조 및 동법 시행규칙 제 11조의 규정에 따라 행정복지센터 지상 3층에 위치하여 주변의 영향을

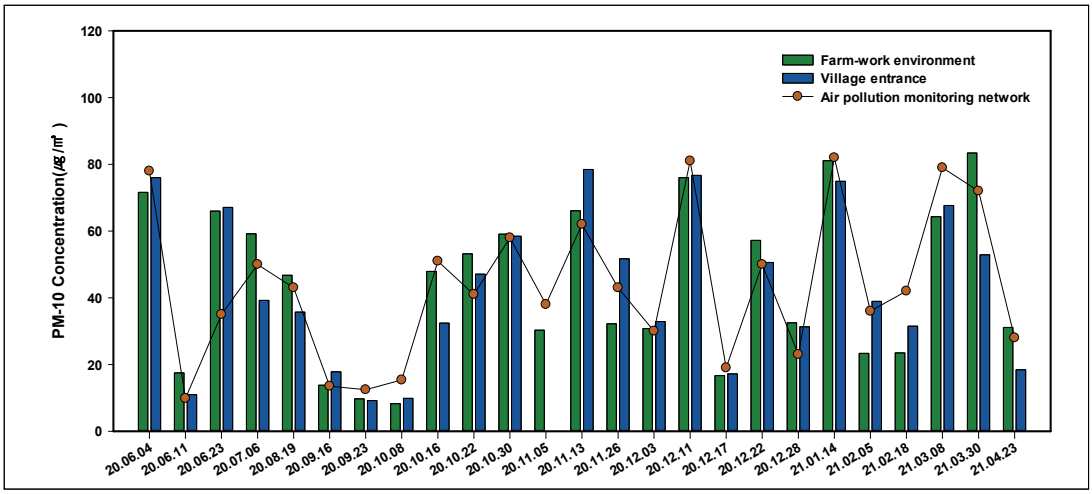

Fig 2. Change of PM_{10} concentration during the sampling period.

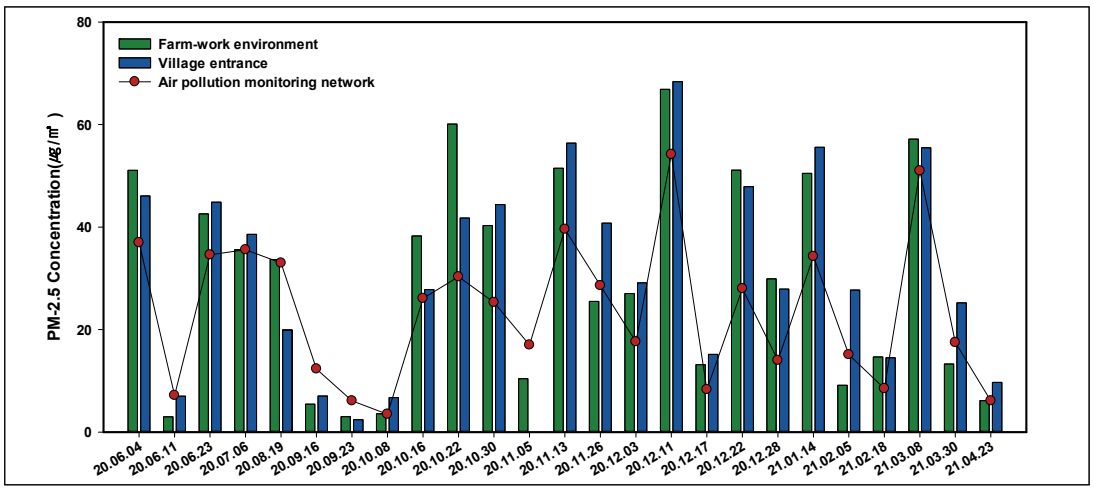

Fig 3. Change of $PM_{2.5}$ concentration during the sampling period.

받지 않고 대기 상의 미세 농도를 반영하기 위해 설치되었다. 그러나, 농촌지역의 경우 1차적 발생원인 자갈, 흙, 모래 등이 존재하는 농로와 농작업, 작물, 가축 등 여러 특수한 발생요인에 의해 대기 중 미세먼지 농도에 영향을 줄 수 있다고 보고되었다 (Schins et al. 2004). 본 연구에서 측정한 PM_{10} 농도는 대기오염측정망과 농작업 활동 지역, 마을 입구에서 비슷한 수준을 보이고 있지만 (Table 2, Fig 2), 농작업 활동 지역에서 PM_{10}의 최대 농도가 높고 농도 분포가 넓은 것을 확인할 수 있었다 (Fig 4).

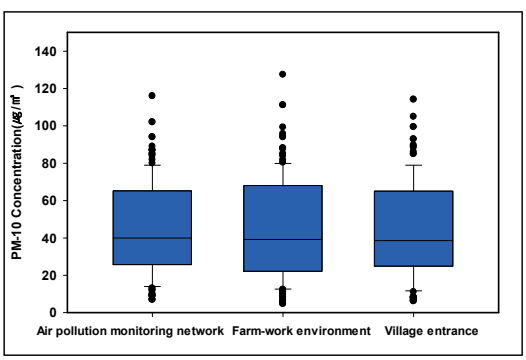

Fig 4. Distribution of PM_{10} concentration across sampling sites.

전체 측정 기간 동안 PM_{10} 농도가 대기오염측정망에 비해 농작업 활동 지역이 높은 측정일은 총 11회로 나타났다. 이러한 결과는, 측정일 당시 경운정지, 로터리 작업 등의 먼지가 발생하는 작업이 진행되어 미세먼지 발생량을 증가시킨 것으로 보인다. Hwang et al.(2009)의 연구에 따르면, 모래로 된 농경지 입구 비포장 진입로에서 측정한 PM_{10} 농도는 85.85 ㎍/㎥로 상대적으로 높게 나타났다고 보고하였다. 따라서, 농촌지역은 모래, 흙, 농작업 등 인위적인 발생원에 의해 미세먼지 농도에 영향을 줄 수 있으므로, 이에 관한 관리가 필요할 것으로 판단된다.

농촌지역은 영농폐기물 소각처리, 농업기계, 비료사용, 농작업 등의 다양한 2차적 발생원이 직·간접적으로 배출되고 있다. Jeong et al.(2018)에 따르면, 농촌지역에서의 대기 중 PM-2.5 평균 농도가 환경기준을 초과한다고 보고하였으며, 대도시와 농촌에 거주하는 노령인구의 개인노출량 수준을 비교했을 때 노출 농도 평균은 대도시(22.5 ± 22.2 ㎍/㎥)보다 농촌(29.1 ± 22.7 ㎍/㎥)이 더 높은 것으로 나타났다(Lim et al. 2016). 미세먼지 예보 등급이 좋음일 때, $PM_{2.5}$ 농도는 대기오염측정망과 농촌 마을 지역(농작업 활동 지역, 마을 입구)에서

비슷하게 나타났지만, 보통(대기오염측정망: 25.3 ㎍/㎥, 농작업 활동 지역: 32.9 ㎍/㎥, 마을 입구: 34.5 ㎍/㎥)과 나쁨(대기오염측정망: 41.4 ㎍/㎥, 농작업 활동 지역: 54.1 ㎍/㎥, 마을 입구: 53.3 ㎍/㎥)일 경우 대기오염측정망과 농촌 마을지역 간에 농도의 차이를 보였다(Table 3, Fig 5). 또한, 전체 측정 기간 동안 대기오염측정망 보다 농작업 활동 지역의 $PM_{2.5}$ 농도가 높은 측정일은 15회였으며, 특히, 겨울철(12월~2월)의 발생 빈도수가 높았다 (Fig 3). 이러한 결과는 측정 대상 마을의 주 재배 작목인 벼, 대파 등 작목 특성으로 인해 소각 및 토양 소독이 발생하여 농작업 활동 지역의 $PM_{2.5}$ 발생량이 증가한 것으로 생각된다. 농촌지역의 $PM_{2.5}$ 오염원은 2차 에어로졸(34.4%), 토양/농로(20.1%), 소각(16.9%) 등 다양한 배출원이 존재하기 때문에 (Jeong et al. 2018), 농작업환경과 거주지역이 공존하는 특수한 공간인 농촌마을 지역에 대한 고농도 $PM_{2.5}$ 발생에 관해 세심한 관리와 대책이 필요할 것으로 판단된다.

$PM_{2.5}/PM_{10}$ 비는 인체에 유해한 입경 2.5 ㎛ 이하의 미세먼지에 대한 기여율을 파악할 수 있다는 면에서 중요한 의의가 있지만, 대부분의 선행연구는 공업지역과 주거지역 등의 도심지 위주로 분석하였다 (Do et al. 2014; Jeon & Hwang 2014). 본 연구에서

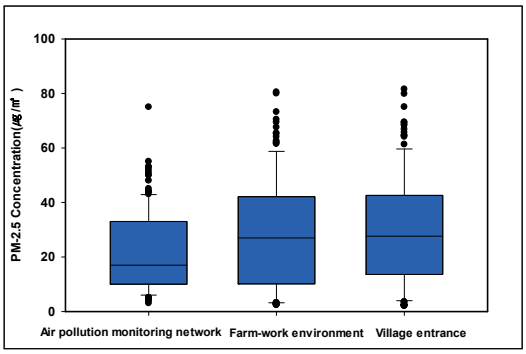

Fig 5. Distribution of $PM_{2.5}$ concentration across sampling sites

농촌마을 지역에서 발생하는 $PM_{2.5}$ 기여율을 확인한 결과, 대기오염측정망(0.49)에 비해 농작업 활동 지역(0.57), 마을 입구(0.63)가 상대적으로 높게 나타났다 (Table 4). 마을 입구의 경우, 마을의 주된 진출로로써 차량의 유입량이 많으며 마을회관 주변에 경운기, 트랙터 등 농업기계를 사용한 후 정차공간으로 사용하여 배기가스의 직접적인 영향을 받은 것으로 보인다. 또한, 고농도 미세먼지가 발생하는 나쁨 등급일 때, $PM_{2.5}/PM_{10}$ 비는 대기오염측정망(0.52), 농작업 활동 지역(0.68), 마을 입구(0.78)로 대기오염측정망에 비해 측정 지점이 더 높은 것을 확인할 수 있었다 (Table 4). 대기오염측정망에 비해 농촌마을 지역에서 $PM_{2.5}/PM_{10}$ 비가 상대적으로 높은 것은 흙, 가축, 미생물, 농작업, 농업기계 등의 다양한 발생원들이 혼재된 농촌지역의 특징과 관련이 있을 것이라고 판단된다(Pavilonis et al. 2013). 향후, 농촌지역에서 발생하는 PM_{10} 및 $PM_{2.5}$의 특성을 정확하게 파악하기 위해, 농촌지역의 특징, 직·간접적인 발생원의 종류 및 구성성분 등을 고려한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

미세먼지로 인한 건강영향은 심혈관질환, 호흡기계질환 관련 뿐만 아니라, 최근 $PM_{2.5}$로 인해 알츠하이머와 같은 신경퇴행성질환의 위험을 증가시키고, 다양한 경로를 통해 중추신경계통 기능을 손상시킨다고 알려져 있다(Shou et al. 2019). 미세먼지로 인한 건강 영향이 인체에 다양하게 미치고 있지만, 미세먼지 취약계층인 노인은 미세먼지 위험성을 상대적으로 낮게 인식하고 있다 (Park & Kim 2020). 본 연구에서도 $PM_{2.5}$의 경우, 대기오염측정망에 비해 농촌마을 지역의 농도가 비교적 높았으며, $PM_{2.5}$의 기여율이 높은 것을 알 수 있었다. 이에 농촌마을 지역에 거주하는 농업인은 미세먼지에 대한 건강 보호를 위해 각별한 주의가 필요하다. 또한, 농촌마을 지역에 거주하고

있는 대부분은 고령층으로 미세먼지 취약계층임과 동시에 건강정보를 이해하고 일상생활에 활용하는데 어려움이 있으므로, 농촌지역의 특성을 반영한 미세먼지 건강 위험 관련 정보를 효과적으로 전달하는 것이 필요하다고 생각한다.

현재 미세먼지에 관한 국내 연구는 대부분 도시지역에 초점이 맞춰있으며, 농촌지역의 경우 단기간 대기질에 대한 측정 결과만 보고되었다. 본 연구에서는 농촌마을 지역에서 발생하는 PM_{10} 및 $PM_{2.5}$ 수준을 확인하였으며, 특히 $PM_{2.5}$의 경우 대기오염측정망과 농촌마을 지역의 실제 측정값 간의 차이를 파악할 수 있었다. 다만, 측정 지역 1개를 대상으로 발생하는 PM_{10} 및 $PM_{2.5}$를 측정한 결과로 모든 농촌지역의 특성을 반영하였다고 보기엔 어려움이 있다. 향후, 작목, 농작업, 농촌지역의 특성 및 환경 등 다양한 항목들을 고려하여 PM_{10} 및 $PM_{2.5}$의 노출 수준을 확인하는 연구가 필요할 것으로 생각된다.

V. 요약 및 결론

본 연구에서는 농촌마을 지역에서 발생하는 PM_{10} 및 $PM_{2.5}$의 노출 수준을 파악하기 위해, 농작업 활동 지역과 마을입구에서 발생량을 확인하고 미세먼지 예보 등급에 따라 대기오염측정망과 실제 측정 지점간 PM_{10} 및 $PM_{2.5}$ 농도 차이를 비교하였다. 미세먼지 예보 등급이 나쁨일 때, 농작업 활동 지역의 PM_{10}(80.1 ㎍/㎥), PM2.5 (54.1 ㎍/㎥) 농도는 대기오염측정망(78.8 ㎍/㎥, 41.4 ㎍/㎥)과 마을 입구(68.1 ㎍/㎥, 53.3 ㎍/㎥)에 비해 높게 나타났으며, 특히 $PM_{2.5}$는 전체 측정기간 동안 측정 지점 간 비교하였을 때 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p=0.002$). $PM_{2.5}/PM_{10}$ 비는 미세먼지 예보 등급이 보통, 나쁨일 경우 모든 측정 지점에서 0.5 이상이었으며, 나쁨의 예보 등급일 경우 농작업 활동 지역(0.68), 마을 입구(0.78)에서 높은 수준을 보였다. 본 연구 결과를 통해, 농촌마을 지역에 거주하는 농업인의 미세먼지 노출을 최소화하기 위한 안전 관리 방안의 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 다양한 농촌지역 환경을 대상으로 농작업 활동, 농업기계 사용 등의 다양한 미세먼지 발생요인을 고려한 미세먼지 노출 수준 파악 및 농촌지역 특성에 맞는 미세먼지 관리 대책에 관한 후속 연구가 필요할 것으로 생각된다.

References

Ailshire JA, Clarke P(2015) Fine particulate matter air pollution and cognitive function among U.S. older adults. J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci 70(2), 322-328. doi:/10.1093/geronb/gbu064

Air Korea(2019) Real-time monitoring of particulate matters. Available from https://www.airkorea.or.kr/index [cited 2019 November 11]

Chan CL, Phan DV, Yang NP, Pan RH, Wu CY(2019) A survey of ambulatory-treated asthma and correlation with weather and air pollution conditions within Taiwan during 2001-2010. J Asthma 56(8), 799-807. doi.org/10.1080/02770903.2018.1497649

Do HS, Choi SJ, Park MS, Lim JK, Kwon JD(2014) Distribution characteristics of the concentration of ambient PM10 and PM2.5 in Daegu area. J Korean Soc Environ Eng 36(1), 20-28. doi:/10.4491/KSEE.2014.36.1.20

Hwang HS, Lee IB, Shin MH, Hong SW, Seo IH(2009) Monitoring of the fugitive and suspended dust dispersion at the reclaimed land and neighboring farms: monitoring in Gim-je. J Korean Soc Agirc Eng 51(2), 59-67. doi:/10.5389/KSAE.2009.51.2.059

International Agency for Research on Cancer (2013) Outdoor air pollution a leading environmental cause of cancer deaths. 2013; press release N 221 Available from https://www.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/07/pr221_E [cited 2020 November 30]

Jeon BI, Hwang YS(2014) Characteristics of

weekday/ weekend PM 10 and PM 2.5 concentrations at Busan. J Environ Sci Int 23(7), 1241-1251. doi.:/10.5322/JESI.2014.23.7.1241

Jeong JH, Lim JM, Lee JH(2018) Source apportionment and chemical characteristics of atmospheric PM2.5 in an agricultural area of Korea. J Environ Impact Assess 27(5), 431-446. doi:/10.14249/eia.2018.27.5.431

Jo HJ, Park SW, Lee HI, Lee SW(2018) Health effects caused by particulate matter and guidelines for health care. Weekly Health Illness 11(15), 458-462

Kim SC(2019) Investigation of the concentration of PM2.1 & PM10 and alveolar deposition ratio. J Environ Health Sci 45(2), 126-133. doi:/10.5668/JEHS.2019.45.2.126

Korean Statistical Information Service(2019) Census of agriculture, forestry and fisheries. Avaliable from https://kostat.go.kr/portal/korea [cited 2019 November 11]

Lee BJ, Park SS(2019) Evaluation of PM10 and PM2.5 Concentrations from online light scattering dust monitors using gravimetric and beta-ray absorption methods. J Korea Soc Atomos Environ 35(3), 357-369. doi:/10.5572/KOSAE.2019.35.3.357

Lee BJ, Yun SS(2020) Estimation of particle matter on rural area using GIS. J Korean Soc Agirc Eng 62(2), 48-55

Lim C, Guak S, Lee K, Hong YC(2016) Time-activity patterns and PM 2.5 exposure of the elderly in urban and rural areas. J Environ Heal Sci 42(1), 1-9. doi:/10.5668/JEHS.2016.42.1.1

Ministry of Agriculture Food and Rural Affairs (2020) Agricultural business registration statistics service. Available from https://uni.agrix.go.kr/docs7/biOlap/dashBoard.do [cited 2020 January 02]

Nakao M, Ishihara Y, Kim CH, Hyun IG(2018) The impact of air pollution, including Asian sand dust, on respiratory symptoms and health-related quality of life in outpatients with chronic respiratory disease in Korea: a panel study. J Prev Med Public Health 51(3), 130. doi:/10.3961/jpmph.18.021

Organization for Economic Cooperation and Development (2018) WHO ambient(outdoor) air quality database summary results. Available from https://www.who.int/airpollution/data/AAP_database_summary_results_2018_final2 [cited 2018 November 30]

Otake S, Dee S, Corzo C, Oliveira S, Deen J(2010) Long-distance airborne transport of infectious PRRSV and Mycoplasma hyopneumoniae from a swine population infected with multiple viral variants. Veterinary Microbiol 145(3), 198-208. doi:/10.1016/j.vetmic.2010.03.028

Park MK, Kim GS(2020) Factors influencing health behavior related to particulate matter in older adults. J Korean Acad Nurs 50(3), 431-443. doi:/10.4040/jkan.19201

Park SS, Yu G, Kim YJ, Rho SG, Ryu JH(2016) Field evaluation of real-time fine particle monitor using light scattering technique. J Korea Environ Soc Anal 19(1), 44-53

Pavilonis BT, Anthony TR, T O'Shaughnessy P, Humann MJ, Merchant JA(2013) Indoor and outdoor particulate matter and endotoxin concentrations in an intensely agricultural county. J Expo Sc Environ Epidemiol 23(3), 299-305. doi:/10.1038/jes.2012.123

Sanyal S, Rochereau T, Maesano CN, Corn-Ruelle L(2018) Long-term effect of outdoor air pollution on mortality and morbidity: A 12-year follow-up study for metropolitan France. Int J Environ Res Public Health 15(11), 1-8. doi.org/10.3390/ijerph15112487

Schins RP, Lightbody JH, Borm PJ, Shi T, Donaldson K, Stone V(2004) Inflammatory effects of coarse and fine particulate matter in relation to chemical and biological constituents. Toxicol Appl Pharmacol 195(1), 1-11. doi:/10.1016/j.taap.2003.10.002

Shou Y, Huang Y, Zhu X, Liu C, Hu Y(2019) A review of the possible associations between ambient PM2.5 exposures and the development of alzheimer's disease. Ecotoxicol Environ Saf 174, 344-352. doi:/10.5352/JLS.2020.30.8.72210.1016/j.ecoenv.2019.02.086

Yeo MJ, Kim YP(2019) Trend of the PM10 concentration and high PM10 concentration cases in Korea. J Korean Soc Atmos Environ 35(2), 249-264. doi:/10.5572/KOSAE.2019.35.2.249

Zhang Y, Tan H, Dai X, Huang H, He G(2012) Dietary patterns are associated with weight gain in newlyweds: findings from a cross-

sectional study in Shanghai, China. Public Health Nutr 15(5), 876-884. doi:10.1017/S1368980011002692

Zheng X, Li JJ, Yang YJ, Chen JL, Yuan JQ, Chen JC, Wu YJ, Qin XW, Guo YL, Gao Z, Hua YH, Mu ZW, Gao RL(2010) Gender and age difference in trends of acute myocardial infarction events in recent 15 Years. Chinese Circul J 25(6), 441-444. doi:10.3969/j.j.issn.1000-3614.2010.06.011

Zheng YY, Liu YY(2019) Relationship between dietary patterns and metabolic syndrome among adult residents in Guizhou province. Modern Prev Med 46(10), 1761-1764. doi:CNKI:SUN:XDYF.0.2019-10-010

Zhou YL, Dai Y, Zhu QR, Zhang JX(2015) Relationship between dietary patterns and metabolic syndrome and its components among adult residents in Jiangsu Province. Acta Univer Med Nangjing (Natural Science) 12, 1839-1842. doi:CNKI:SUN:NJYK.0.2015-12-051

Zhu T, Fang ZF, Yang H, Wang QC, Zhao L, Liu XH, Chen YZ, Li ZY, Tang ZZ(2016) Application of factor analysis and structural equation model in the relationship between dietary patterns and hypertension. Chinese J Health Stat 33(1), 4. doi:CNKI:SUN:ZGWT.0.2016-01-005