

○지역에서 최근년간 SO₂농도의 변화특징에 대한 분석

전영일, 리성문

경애하는 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《환경보호사업에서 중요한것은 공해방지대책을 철저히 세우는것입니다. 공해는 자연 환경을 오염시키고 여러가지 질병을 발생시키는 근원입니다.

공해를 방지하자면 우선 대기오염을 막아야 합니다.》

대기오염을 막자면 대기환경의 질적상태를 조사장악하고 계절별, 년도별 변화상태에 대한 분석결과에 따라 대기오염방지대책을 철저히 세워야 한다.

론문에서는 대기환경감시자료를 리용하여 ○지역의 최근년간 SO₂농도변화특징을 분석하였다.

1. SO₂농도의 여러해변화

분석기간 ○지역의 평균 12개 지점들에서 대기환경감시를 진행하였다.

2011, 2015, 2018년 월평균농도의 년변화를 비교분석한 결과는 그림 1과 같다. 그림 1에서는 지역의 기본령역에서 8개의 감시지점들의 월평균SO₂농도자료를 리용하였다. 세로축은 편리상 상대농도로 표시하였는데 C_{Ich} 는 국가환경보호2급기준 1h평균농도이다.

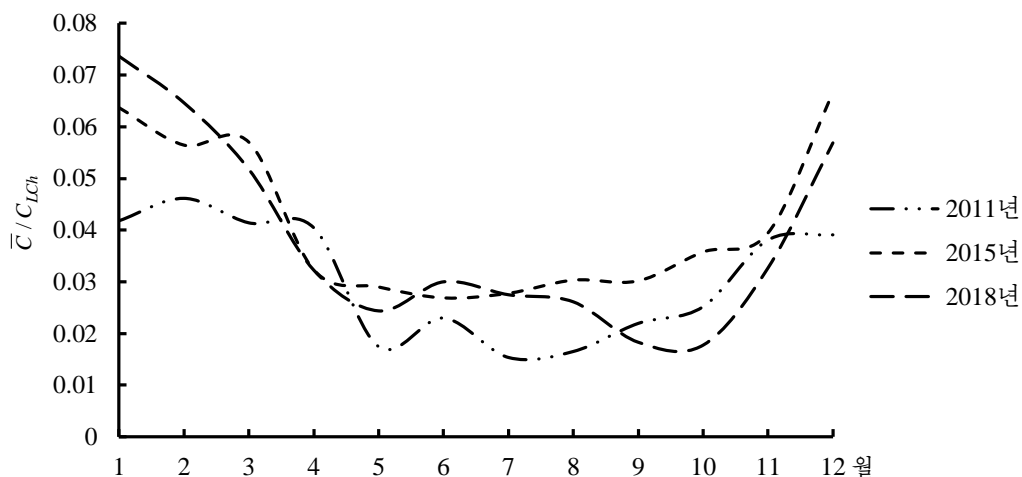


그림 1. 2011, 2015, 2018년의 월평균SO₂농도의 년변화

그림 1에서는 SO₂의 상대농도가 모두 추운 계절에는 높고 더운 계절에는 낮아진다.

일반적으로 같은 량의 대기오염물질이 배출되어도 대기의 질적상태는 기상기후조건의 변화에 따라 심하게 변한다.

겨울철에는 혼합층의 높이가 여름철보다 낮아져 오염물질의 수직확산이 약화되므로 지표면부근의 오염물질의 농도가 높아지게 된다.

2. 겨울철 SO₂농도의 일변화

여름철에는 SO₂농도의 일변화에서 뚜렷한 특징이 나타나지 않으므로 년중 농도가 상대적으로 심하게 높아지는 추운 계절 SO₂농도의 일변화를 분석하였다.

지형과 건물배치상 특징을 보면 지점 1—지점 3들은 평지주택건물들속에 있으며 지점 4는 소규모분지의 주택건물속에 위치하고있다.

그림 2는 3개월평균 (2013년 12월—2014년 2월) SO₂농도의 일변화를 분석한 결과이다.

SO₂농도는 지점 2를 제외하고 3개의 지점에서 모두 9시에 1차최대값, 21~22시경에 2차최대값이 나타난다.

지점 1에서는 1차최대농도와 2차최대농도사이 차이가 심하지만 지점 3, 지점 4에서는 그 차이가 작는데 지점 4에서는 1차최대농도와 2차최대농도가 거의 같은 수준이다. 지점 2에서는 오히려 22시농도가 9시농도보다 대단히 높다.

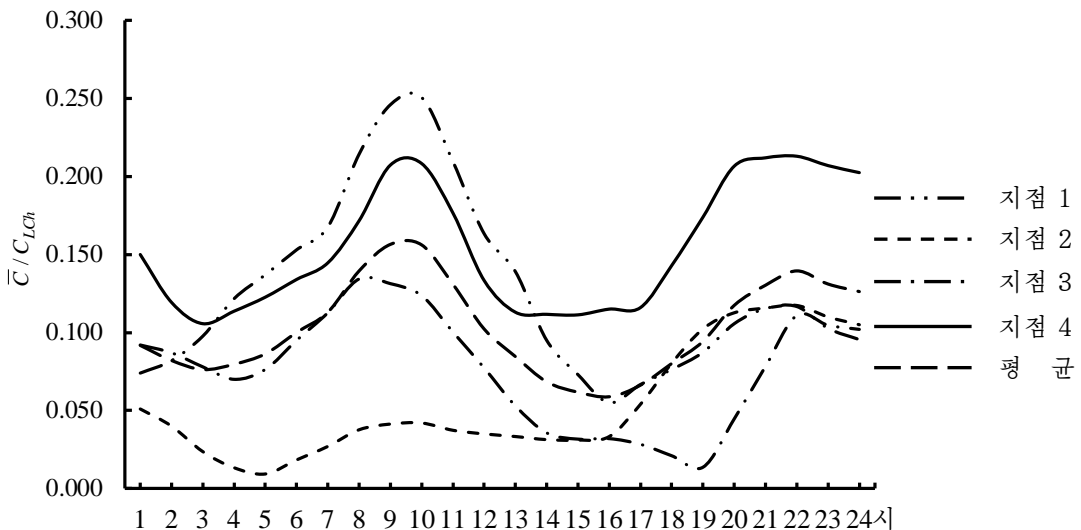


그림 2. 겨울철(2013년 12월—2014년 2월)평균 4개 지점의 SO₂농도의 일변화

4개 지점평균값은 9시에 1차최대값, 21~22시경에 2차최대값을 나타낸다.

이 결과들은 감시령역에서 평균적으로 SO₂농도가 9시에 1차최대값, 21~22시경에 2차최대값을 나타내는 일변화를 한다는것을 보여주며 1차최대값과 2차최대값사이의 차이는 감시지점들마다 다르다는것을 보여준다.

지점 2의 SO₂농도는 20~22시경에 1차최대농도가 나타나며 8~10시경에는 뚜렷한 최대값이 나타나지 않는다. 이 지점은 큰 규모의 오염원천의 동쪽에 위치하고있으므로 서풍이 불 때 대기성층이 불안정하면 높은 오염수준이 관측되지만 보통 주민지구에서 배출되는 오염물질이 측정된다. 이 지역에서 서풍은 순서로 보면 5주풍정도로써 빈도률이 대단히 작아 큰 규모의 오염원천의 직접적인 영향을 많이 받지 않는다.

그림 3과 4는 추운 계절중에서도 농도가 제일 높아지는 1월 SO₂평균농도의 일변화 특성을 보여준다.

그림 3과 그림 4에서 SO_2 농도의 1, 2차최대값이 나타나는 시각이 다소 차이나지만 평균적으로 9시에 1차최대값이 나타나고 20시(2018년)와 21시(2015년)경에 2차최대값이 나타난다.

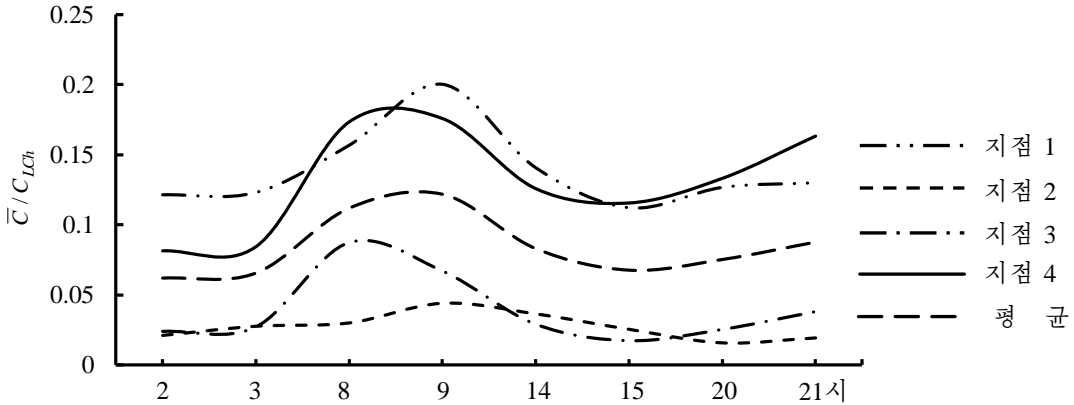


그림 3. 2015년 1월 4개 지점의 평균 SO_2 농도의 일변화

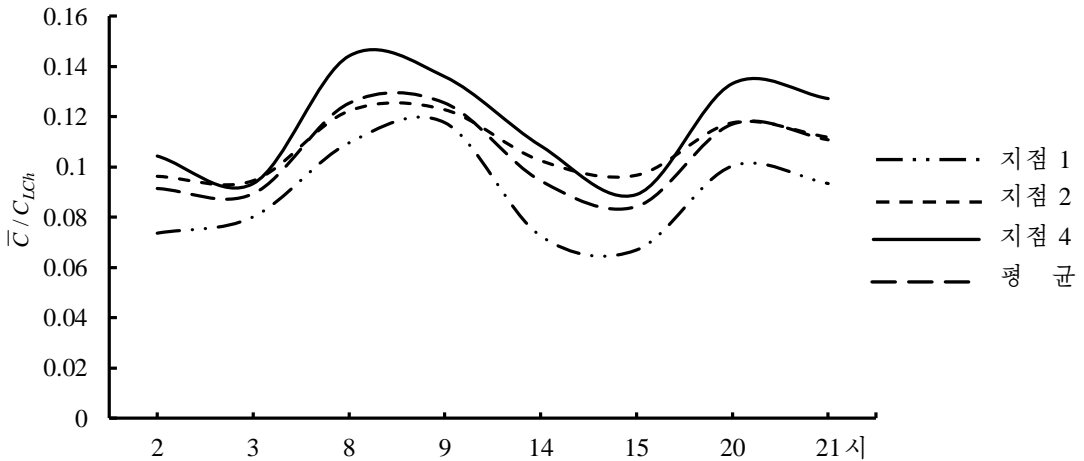


그림 4. 2018년 1월 3개 지점의 평균 SO_2 농도의 일변화

그림 3과 그림 4에서 특이한것은 지점 4의 농도가 비교적 높은것이다. 또한 그림 4에서는 1차최대값과 2차최대값에서 큰 차이가 없는것이다.

그것은 최근년간 기술공정들에 새로운 정화기술들이 끊임없이 도입되어 큰 규모오염원천들의 영향이 현저히 약화되어 1차최대농도가 2차최대농도와 비교할 정도로 낮아진데 그 원인이 있다.

이상의 결과들(그림 2-4)로부터 겨울철 SO_2 농도의 일변화특징은 다음과 같다.

첫째로, 겨울철에 SO_2 농도의 1차최대가 9시경에 나타나고 2차최대는 20~22시경에 나타나는것이다.

둘째로, 지점 2를 제외한 다른 지점들에서 SO_2 농도의 1차최대값과 2차최대값 사이에 차이가 거의 없는것이다.

셋째로, 주민지구의 영향이 기본인 지점 4의 SO_2 농도가 뚜렷하게 높은것이다.

3. SO₂농도변화에 대한 해석

SO₂농도의 일변화 일반적으로 도시 및 공업지구들에서는 대기오염물질이 지표면으로부터 수백m사이에서 대기중에 배출되어 수송—확산되는 과정에 지표면오염수준에 영향을 준다.

개인 날 밤에는 지표면의 복사랭각으로 온도역전이 형성되어 키높은 오염원천에서 배출된 오염물질과 낮시간에 높은 층까지 확산된 오염물질이 지표면까지의 확산이 억제되어 지표면부근의 오염농도에 영향을 미치지 못한다.

해가 뜨면서 지표면으로부터 혼합층이 형성발달하여 옷층의 오염물질들이 지표면부근으로 확산되어 아래층의 오염농도를 높여주어 1차최대가 나타난다.[1]

혼합층이 최대로 발달하는 오후시간에는 키낮은 오염원천이나 키높은 오염원천에서 배출되는 오염물질들은 혼합층윗경계까지 확산되어 지표면부근의 오염수준이 낮아진다. 해가 지면 지표면으로부터 형성된 복사역전속의 키낮은 오염원천들에서 배출되는 오염물질들에 의하여 2차최대오염농도가 나타난다. 이와 같은 원인으로 도시나 공업지구에서 대기오염농도의 일변화가 비교적 규칙적으로 일어난다.

교외나 키낮은 오염원천들이 있는 주민지대들에서 최대오염수준이 온도역전이 형성 발달하는 저녁시간과 온도역전이 해소되지 않은 새벽시간에 나타나는데 그것은 하루사이에 연료연소량이 많은 새벽과 저녁시간과 일치한다.[4, 5] 이것은 도시 및 공업지구들에서 2차최대오염농도가 나타는것과 같은 현상이라고 해석한다.

바람방향과 대기성층의 안정성에 따르는 SO₂농도의 변화 그림 5는 11년간(2009년—2019년) 도시중심이라고 볼수 있는 지점 2에서 측정한 바람방위별 SO₂평균농도를 보여준다.

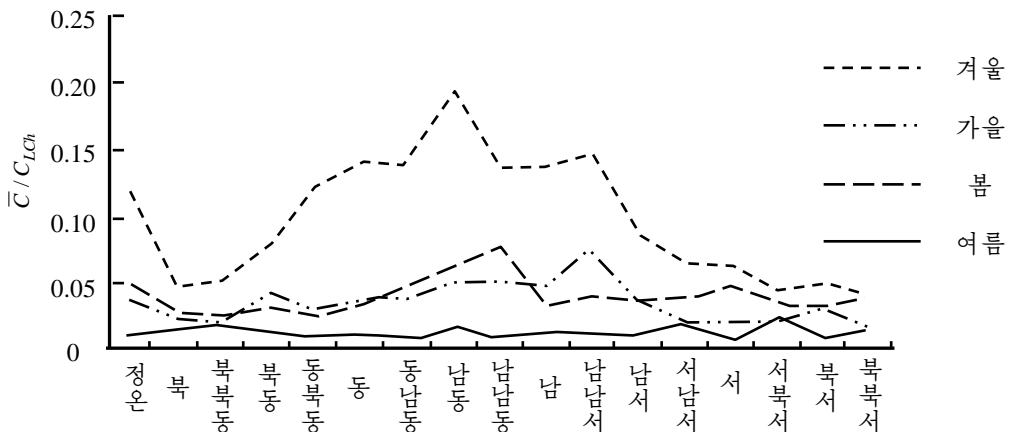


그림 5. 바람방위별 SO₂평균오염수준

여름철(6월—8월)에는 바람방향과 지표면부근 SO₂농도사이관계를 거의 찾아볼수 없지만 봄과 가을철에는 남동, 남남동, 남남서방향의 바람에 의해서는 다소 오염수준이 높아지는 경향을 찾아볼수 있다. 겨울철(12월—2월)에는 바람방향과 지표면부근 SO₂농도사이에 대단히 뚜렷한 관계가 나타난다.

동풍, 서풍, 남풍이 불 때 지역의 대기오염수준이 높아지는데 특히 남동풍이 불 때 평균오염수준이 제일 높아진다. 이것은 바람이 약하고 상대적으로 더운 기류가 흘러들 때 지표면부근오염수준이 높아진다는것을 보여준다.

그림 6은 지점 4에서 2017년 1월 25일 1h평균SO₂농도의 일변화를 보여준다.

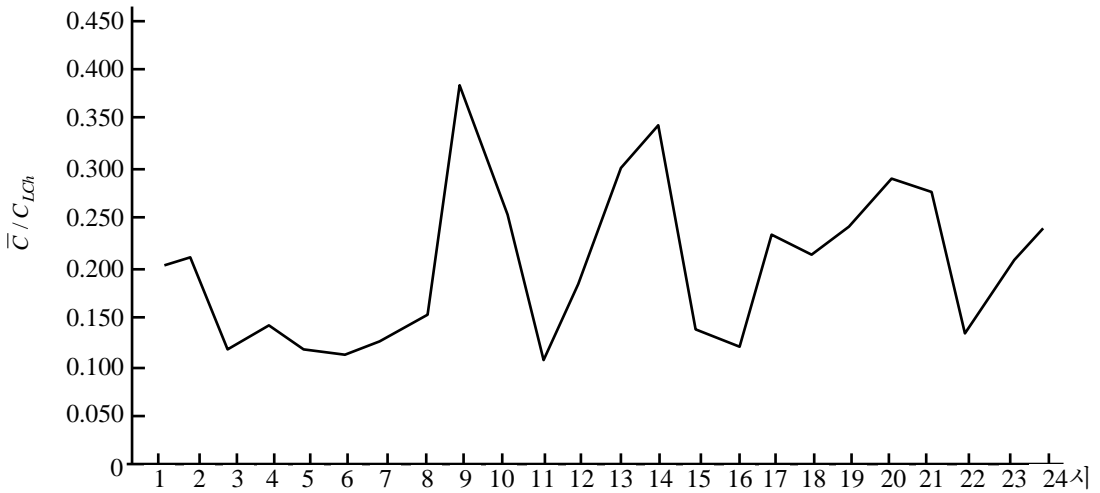


그림 6. 지점 4에서 2017년 1월 25일 1h평균SO₂농도의 일변화

SO₂농도는 9시, 13~14시, 20~21시에 상대적으로 높은 값들이 나타났다.

기상조건을 보면 0시—24시사이에 남동풍, 남서~남풍이 평균 0.97m/s정도로 불었으며(표) 구름은 없고 낮은기온이 1℃, 높은기온이 10℃였다.

표. 2017년 1월 25일 기상조건

바람	시간									
	0	3	6	9	12	15	18	21	24	
방향	남동	남동	남동	남동	남동	남서	—	남	남동	
속도/(m s ⁻¹)	1.4	1.2	1.3	0.7	0.6	1	0	0.7	1.8	

이날 기상조건을 보면 흐름속도가 느린 더운 기류가 24h동안 연속 흘러들어 이 지역의 SO₂농도의 일변화에 큰 영향을 주었다는것을 알수 있다.

앞에서 서술하였지만 지점 4는 소규모의 분지속에 주택건물들로 둘러싸인 곳에 위치하고있으므로 이 지구에 온도역전이 형성되면 쉽게 해소되지 않으며 따라서 국부적인 높은 오염수준이 관측될수 있다.

태양고도에 의한 대기안정성판정방법[2]에 의하면 8시이전과 17시이후에는 대기성층이 안정하고 8~17시에는 약한 불안정으로 판정되었고 안정경계층의 높이[3]는 70~205m, 혼합층의 높이는 205~445m정도로 계산되었지만 지속적으로 더운 기류가 흘러들었으므로 실제적으로 혼합층의 높이는 대단히 낮아지고 온도역전층의 두께는 대단히 높아졌을 것이라고 본다.

이러한 대기성층조건에서 소규모의 분지속에서 오염물질의 수직확산은 대단히 미약하게 일어나게 된다. 8~18시사이에 낮은 높이의 약한 불안정성층속에서 대기확산이 일어날수 있었고 그밖의 안정성층이 형성된 시간에는 수직확산이 대단히 미약하게 일어날수밖에 없게 되었다. 이로부터 9시경에는 옷층의 오염물질이 아래층으로 확산되어 높은 1차오염수준이, 13~14시사이에 오후시간의 연료연소로 2차오염수준이 이루어졌으며 17시이후에는 안정한 대기성층속에서 저녁시간연료연소로 3차오염수준이 이루어지게 되었다.

바람이 약하고 상대적으로 더운 기류가 흘러들 때 지점 4에서는 자주 다른 평지대의 감시지점들보다 SO₂농도가 높아져 그림 2-4에서와 같이 계절, 월 및 일평균농도가 높아진다.

SO₂농도의 년변화 산업지구를 비롯한 도시지역들에서 오염농도가 추운 계절에는 높고 더운 계절에는 낮아진다.[3, 4] 추운 계절에는 더운 계절보다 연료소비량이 많아서 오염물질배출량이 많아지고 혼합층의 높이가 여름철보다 낮아져 수직확산이 약화되어 오염수준이 높아지며 겨울철에는 식물의 가스정화활동이 거의 중단상태에 있게 되므로 추운 계절에 더운 계절보다 대기오염수준이 높아지게 된다.

맺 는 말

○지역의 대기질변화특징을 종합하면 다음과 같다.

첫째로, 겨울철(12월-2월)에 SO₂농도는 바람방향과 대단히 뚜렷한 관계가 나타나는데 동풍, 서풍, 남풍이 불 때 특히 남동풍이 불 때 평균오염수준이 특별히 높아지것이다.

둘째로, 겨울철 SO₂농도의 일변화에서 1차최대값과 2차최대값사이에 차이가 거의 없으며 지점 2에서는 오히려 2차최대농도가 1차최대농도보다 높은것이다.

셋째로, 주민지구의 영향이 기본인 지점 4의 SO₂농도가 뚜렷하게 높은것이다.

넷째로, SO₂의 농도는 여전히 추운 계절에는 높고 더운 계절에는 낮아지는 년변화와 1차최대가 9시경에 나타나고 2차최대는 20~22시경에 나타나는것이다.

○지역에서 SO₂의 농도변화경향의 기본원인은 바람이 약하고 상대적으로 더운 기류가 자주 흘러들어 지표면부근 대기확산이 높은 층까지 이루어지지 못하는데 있다.

연구지역의 대기환경을 보다 깨끗이 유지하려면 대기환경감시와 대기오염원천들 특히는 키낮은 오염원천들에 대한 관리를 보다 과학화하여야 한다.

참 고 문 헌

- [1] 김일성종합대학학보(자연과학), 158, 53, 5, 주체96(2007).
- [2] 김일성종합대학학보(자연과학), 162, 54, 3, 주체97(2008).
- [3] 전영일 등; 기상과 수문, 30, 360, 주체96(2007).
- [4] B. Jack Simmons et al.; Centre for Atmospheric Chemistry 181, 56, 2019.
- [5] Imogen Wadlow et al.; Centre for Atmospheric Chemistry. 217, 72, 2019.

주체 110(2021)년 4월 5일 원고접수

Analysis of Characteristics of the Last Few Years' SO₂ Concentration Changes in the ○ Region

Jon Yong Il, Ri Song Mun

In this paper, the characteristics of the last few years' SO₂ concentration changes in the ○ region were analyzed by using the atmospheric environmental monitoring data sets.

Keywords: atmospheric environment, monitoring data, SO₂ concentration