

# 大氣汚染濃度の發生頻度特徵 및 推定法の評價

Statistical Aspects and the Estimation Scheme  
of the Short Term Concentration of Air Pollution

李 鍾 範\*, 姜 寅 求\*\*  
Chog-Bum Lee, In-Goo Kang

## ABSTRACT

The aspects of the occurrence frequency of SO<sub>2</sub> concentration were studied with the observed data in Seoul and the scheme that is capable of estimating not only highest concentration for a variety of averaging times but also concentrations for arbitrary occurrence frequency with long term arithmetic mean and geometric standard deviation data, was evaluated.

The results of the statistical analysis show that the occurrence frequency is almost log normal except a few cases, and 3rd highest values of daily mean concentration were about 4.2 ~ 5.2 times higher than annual arithmetic mean.

The evaluation with the observed hourly concentration shows that the scheme fairly well estimate the short term concentration of arbitrary occurrence frequency and it can be used for air quality management and environmental impact assessment.

## 1. 서 론

대기질의 개선대책을 수립하기 위하여서는 장래의 대기오염농도를 예측할 필요가 있으며 일반적으로 장기간에 걸친 평균농도를 산출할 수 있는 장기확산모델이 이용된다. 그러나 대기오염은 장

기간의 평균농도 이외에도 단기간 동안 발생하는 고농도에 의한 피해도 문제가 되며 우리나라의 환경기준에는 연간 평균농도 이외에 단기간(오염물질에 따라서 1시간~24시간)의 고농도 발생이 연간 3회 이하이어야 하는 농도의 상한값도 규정되

\* 江原大學校 環境學科(Dept. of Environmental Science, Kangweon National University, Chun-cheon 200~701, Korea)

\*\* 國立環境研究院(Air Quality Research Department, National Institute of Environmental Research)

어 있으므로 고농도 오염의 발생빈도를 예측할 필요가 있다. 따라서 장기간의 평균농도 계산결과를 이용하여 단기간의 농도 중 고농도측으로부터 임의번째 농도값(이하에서는 i번째 고농도로 표기)을 산출할 수 있는 방법이 요구된다.

장기간에 있어서 어떤 평균화시간의 대기오염 농도의 발생빈도는 대체로 대수정규분포를 나타낸다는 것이 알려져 있으며<sup>1)</sup>, 이와같은 성질을 이용하여 <sup>2)</sup>는 장기확산모델인 Texas Climatological Model version 2(TCM2)에 i번째 고농도를 산출할 수 있는 계산과정(이하에서는 고농도 추정법으로 표기)을 추가하였다.

고농도추정법은 대기오염농도의 발생빈도가 대수정규분포를 나타낼 경우는 이상적이지만 발생빈도가 대수정규분포와 차이가 커질수록 오차가 크게된다.

본 논문에서는 서울특별시의 대기오염농도 실측자료를 이용하여 대기오염농도의 발생빈도 특징을 조사하고 고농도추정법을 평가하였다.

## 2. 방 법

본 연구에서는 서울특별시의 반포동, 신촌동 및 쌍문동의 3개 지점에서 측정된 매시간 SO<sub>2</sub> 농도자료를 이용하였다. 자료의 기간은 반포동과

쌍문동은 1985년 12월부터 1986년 11월까지의 1년간, 신촌동은 1985년 8월부터 1986년 7월까지의 1년간으로서 총8,760시간 중에서 결측치를 제외하고 반포동, 신촌동 및 쌍문동의 매시간 농도의 자료수는 각각 8,176, 7,928, 8,100이다.

이들 자료로 매시간별 및 일평균농도의 통계분석을 하고 발생빈도의 대수정규성을 조사하였으며 계절에 따른 특징을 비교하기 위하여 年間 이외에 冬節期(10~3월)과 夏節期(4~9월)에 대하여도 분석하였다.

또한 3번째 고농도의 값과 95, 90, 75, 50 percentile 값을 구하고 고농도추정법을 적용하여 구한 추정농도와 비교하였다. 고농도추정법에 대하여서는 <sup>3)</sup>(1988)에 자세히 기술되어 있으므로 생략하고 부록에 고농도추정법의 FORTRAN program을 보였으며 입력자료, 출력결과의 예와 사용법을 기술하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 대기오염농도의 발생빈도 특징

표 1은 매시간자료의 통계분석 결과이다. 단 Skewness와 Kurtosis는 농도의 대수값을 취하여 구한 것이다.

년평균치는 쌍문동이 가장 높아서 87ppb이며

Table 1. The statistical analysis of observed hourly SO<sub>2</sub> concentrations(ppb).

\* : obtained with natural log concentrations

\*\* : 3rd concentration counted from highest case.

	PERIOD	N	MAX.	3rd**	MEAN	SD	GMEAN	GSD	SKEW-NESS*	KURTO-SIS*
BANPO	WINTER	4299	813	424	91	88	58	2.67	-0.11	-0.54
	SUMMER	3877	243	157	27	28	18	2.34	-0.18	-0.10
	ANNUAL	8176	813	424	61	74	34	2.96	0.15	-0.54
SHINCHON	WINTER	4032	500	500	92	88	64	2.38	-0.04	-0.01
	SUMMER	3896	225	160	24	27	15	2.56	0.15	-0.27
	ANNUAL	7928	500	500	59	74	32	3.16	-0.07	-0.47
SANGMOON	WINTER	4138	1191	823	132	137	87	2.53	-0.06	-0.29
	SUMMER	3962	389	280	40	47	24	2.87	-0.12	-0.33
	ANNUAL	8100	1191	829	87	113	46	3.27	-0.21	-0.24

신촌동과 반포동이 61ppb와 59ppb이다. 매시간 농도의 년간의 최고치는 쌍문동, 반포동, 신촌동이 각각 1,191ppb, 813ppb, 500ppb이며 연간 3번째 고농도는 년평균치의 7~9.5배이다.

일 평균농도의 경우는 표 2에 보인바와 같이 최고농도는 쌍문동과 신촌동이 377ppb, 반포동이 330ppb이며 冬節期の 평균농도는 夏節期에 비하여 3~4배에 달한다. 또한 일평균농도의 연간 3번째 고농도는 년평균치의 4.2~5.2배이다. SO<sub>2</sub>에 관한 현행 환경기준에는 연간 일평균농도가 0.15ppm을 3회 이상 초과하지 않도록 규정되어 있으며 이는 년평균농도인 0.05ppm의 3배에 해당하는

다. 그러므로 년평균농도보다도 단기간고농도의 환경기준 초과 가능성이 더욱 높다고 할 수 있다. 따라서 대기질관리 대책을 수립하거나 환경영향 평가 조사시에는 장기간의 평균농도뿐 아니라 단기간의 고농도오염의 발생회수를 고려해야할 필요가 있다고 생각된다. Skewness는 대부분이 음으로서 대수정규분포에 비하여 고농도쪽의 발생빈도가 높은 것으로 나타났다. Kurtosis는 음으로서 대수정규분포에 비하면 발생빈도는 저농도로부터 고농도까지 넓은 범위에 걸쳐서 높게 나타난다.

Table 2. Same as Table 1, but for daily mean concentrations(ppb)

	PERIOD	N	MAX	3rd**	MEAN	SD	GMEAN	GSD	SKEW-NESS*	KURTO-SIS*
BANPO	WINTER	182	330	280	90	61	73	1.96	-0.15	-0.38
	SUMMER	183	111	90	26	19	21	1.80	0.76	-0.17
	ANNUAL	365	330	280	58	56	39	2.42	0.22	-0.96
SHINCHON	WINTER	177	377	295	91	66	71	2.07	-0.28	-0.19
	SUMMER	180	108	74	24	18	18	2.15	-0.07	-0.72
	ANNUAL	357	377	295	57	59	35	2.78	-0.12	-0.67
SANGMOON	WINTER	182	377	350	131	81	106	1.99	-0.40	-0.59
	SUMMER	183	132	125	37	32	25	2.44	-0.07	-0.93
	ANNUAL	365	377	350	84	78	52	2.92	-0.36	-0.71

기하표준편차는 夏節期和 冬節期로 나눈 경우는 비교적 작으나 年間的 경우는 크며 특히 쌍문동은 2.92ppb로서 가장 크다.

그림 1~3은 매시간농도에 대수를 취하여 누적빈도곡선을 작성한 것이다. 누적빈도곡선은 직선에 가까우며 따라서 매시간농도의 발생빈도는 대체로 대수정규분포라고 할 수 있다. 그림 4~6은 일평균농도에 대수를 취하여 누적빈도곡선을 작성한 것이다. 3개 지점중 신촌동의 누적빈도곡선이 비교적 직선에 가까우며 쌍문동은 곡선의 기울기가 커서 농도의 변화범위가 넓고 고농도의 발생 빈번한 편이지만 고농도측에서 기울기가 완만하므로 극단적으로 높은 농도는 나타나지 않는 것으로 나타났다.

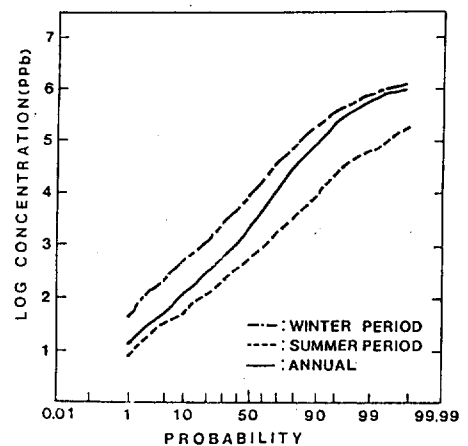


Fig. 1 The accumulated frequency of observed hourly SO<sub>2</sub> concentrations (ppb) at Banpo.

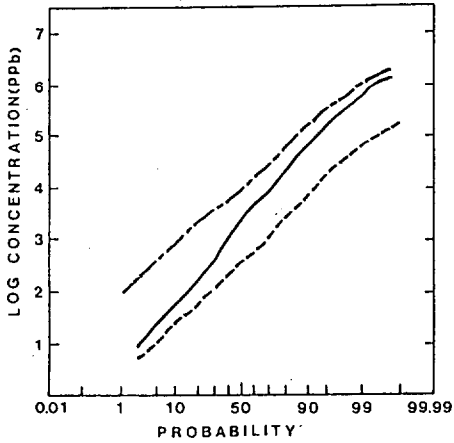


Fig. 2 Same as Fig. 1, but for Shinchon.

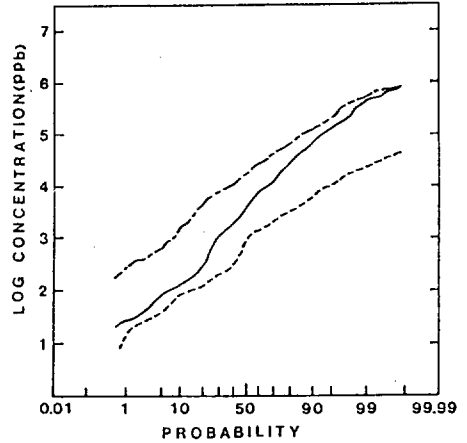


Fig. 5 Same as Fig. 4, but for Shinchon.

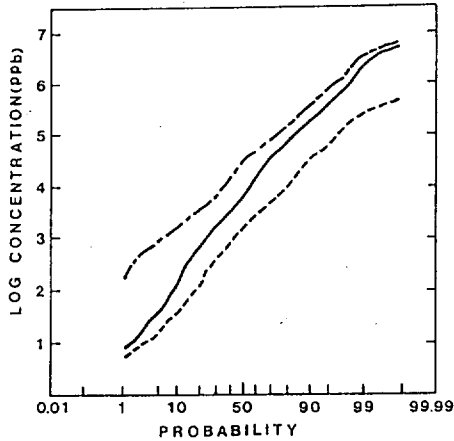


Fig. 3 Same as Fig. 1, but for Sangmoon.

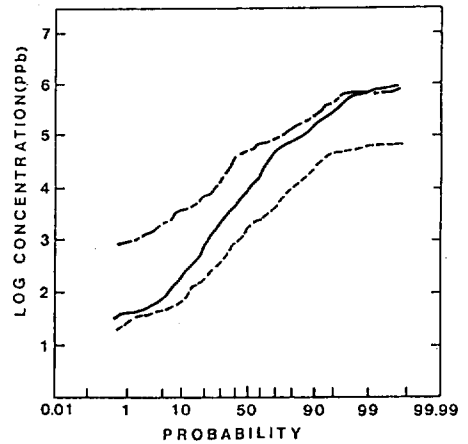


Fig. 6 Same as Fig. 4, but for Sangmoon.

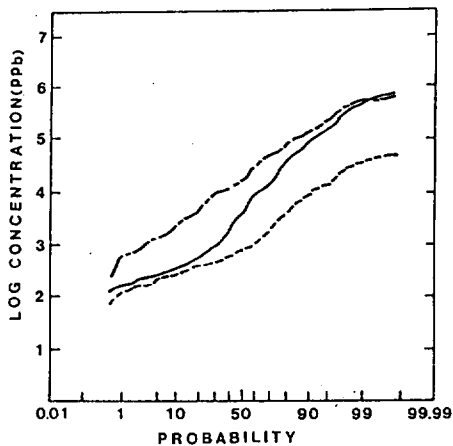


Fig. 4 Same as Fig. 1, but for daily mean concentrations (ppb).

### 3.2 고농도추정법의 평가

고농도추정법을 평가하기 위하여 표 2에 보인 평균농도와 기하표준편차로 고농도추정법에 의하여 평균화시간이 24시간에 대하여 3번째 고농도 및 50~95percentile에 해당하는 농도를 추정하고 농도의 실측자료와 비교한 것이 표 3~5이다.

50~95percentile 농도의 경우는 오차가 대체로 20% 이하로서 작은편이다. 그러나 연간 3번째의 고농도의 경우는 추정치가 실측치에 비하여 크게 나타나는 경향이 있으며 특히 쌍문동은 추정오차가 76%로 크게 나타났다.

이것은 그림 6에 보인바와 같이 쌍문동의 누적

빈도곡선은 고농도측에서 기울기가 감소하여 대수정규분포와 차이가 커지기 때문이며 고농도추정법은 쌍문동과 같이 대수정규분포와 차이가 크게 나타나는 특이한 지점에 대하여서는 오차가 크게 된다.

그러나 冬節期와 夏節期로 나누어 보면 年間에 비하여 오차가 감소하며 쌍문동에서도 오차가 현저히 감소하였다. 그러므로 농도발생빈도가 대수

정규분포에서 크게 차이가 나는 지점에 대하여서는 冬節期와 夏節期로 나누어서 고농도추정법을 적용함으로써 추정오차를 줄일수 있다. 고농도추정법은 확산모델로 장래의 장기간산술평균농도를 우선 구하여야 하며 또한 대상지역의 기하표준편차를 구하기 위한 실측농도 자료가 있는 지역에 대하여 적용할 수 있다.

Table 3. The evaluation of the estimation scheme of *i*th highest concentration(ppb) with Banpo daily mean SO<sub>2</sub> concentrations.

\* : 100\*(EST. -OBS.)/OBS.

\*\* : 3rd concentration counted from highest case.

PERCENTILE (%)	WINTER PERIOD			SUMMER PERIOD			ANNUAL		
	OBS.	EST.	ERR.* (%)	OBS.	EST.	ERR.* (%)	OBS.	EST.	ERR.* (%)
3rd**	280	301	8	90	76	-16	280	326	16
95	217	218	1	61	57	-7	163	168	3
90	163	171	5	52	46	-12	134	121	-10
75	114	113	-1	31	32	3	75	71	-5
50	69	72	4	18	22	22	38	39	3

Table 4. Same as Table 3, but for Shinchon.

PERCENTILE (%)	WINTER PERIOD			SUMMER PERIOD			ANNUAL		
	OBS.	EST.	ERR.* (%)	OBS.	EST.	ERR.* (%)	OBS.	EST.	ERR.* (%)
3rd**	295	329	12	74	90	22	295	392	33
95	206	232	13	59	62	5	171	183	7
90	172	178	4	46	47	2	128	124	-3
75	118	114	-3	31	29	-7	74	68	-8
50	72	70	-3	20	18	-10	37	34	-8

Table 5. Same as Table 3, but for Sangmoon.

PERCENTILE (%)	WINTER PERIOD			SUMMER PERIOD			ANNUAL		
	OBS.	EST.	ERR.* (%)	OBS.	EST.	ERR.* (%)	OBS.	EST.	ERR.* (%)
3rd**	350	448	28	125	166	33	350	617	76
95	307	322	5	111	108	-3	235	277	18
90	235	251	7	87	78	-10	187	185	-1
75	167	164	-2	50	45	-10	124	97	-22
50	122	104	-15	28	25	-11	56	47	-16

#### 4. 결 론

대기오염농도의 발생빈도 특징을 조사하기 위하여 서울특별시의 반포동, 연세동, 쌍문동을 선정하여 1년간의 매시간 SO<sub>2</sub> 농도자료를 통계분석하고 고농도추정법을 평가하였다.

冬節期の 평균농도는 夏節期の 3~4배에 달하며, 연간 일평균농도중 3번째 고농도는 년평균농도의 4.2~5.2배이나 현행 환경기준에는 3배로 설정되어 있으므로 환경기준 중에서 년평균치보다도 연간 3회이상 초과되어서는 안되는 농도의 상한치를 초과할 가능성이 높다. 따라서 적절한 대기질 관리대책 수립이나 환경영향평가 조사시에 장래의 고농도발생을 예측 할 필요가 있으며 이 경우 고농도추정법이 활용될 수 있으리라 생각된다.

고농도추정법의 오차는 대체로 20% 이하이며

쌍문동과 같이 농도 발생빈도가 대수정규분포와 차이가 클 경우 冬節期和 夏節期로 나누어서 추정함으로써 오차를 줄일 수 있다.

(原稿接受 '89.3.20)

#### 参 考 文 献

1. Larsen, R.I., (1974), An air quality data analysis system for interrelating effect, standard, and needed source reduction, Part 2, J. Air Poll. Control Assoc., 24, 551~558.
2. 李 鍾範, (1988), Texas Climatological Model에 의한 短期 大氣汚染濃度 發生頻度の 推定, 한국대기보전학회지, 제4권, 제2호, 67~71.

#### APPENDIX 1 고농도추정법의 FORTRAN LIST

```

PROGRAM NTHCON
C ### MAIN FOR CALC. N TH HEIGHEST CONCENTRATION NTHCON. FOR
DIMENSION PRC(20)
CHARACTER CHREM*70, CHSKIP*70, RSF*8, DTF*8
WRITE(*,*) ' ?? RESULT FILE NAME (UPTO 8) (IF PRINT : PRN) ?? '
READ(*, '(A8)') RSF
OPEN(6, FILE=RSF, STATUS='UNKNOWN')
CALL GETDAT(NDYEAR, NDMONT, NDDATE)
CALL GETTIM(NTHOUR, NTMINI, NTSECO, NTSECV)
WRITE(6,41)NDYEAR, NDMONT, NDDATE, NTHOUR, NTMINI, RSF
41 FORMAT(' ### N TH HIGHEST CONC. (NTHCON. FOR) '
., ' DATE=',15,13, ', 12, '.',12 TIME= ',12, ':',12/
., ' RESULT FILE NAME == ',A8)
WRITE(*, '(A)') ' ?? DATA FILE NAME (UPTO 8 CHARACTERS) ?? '
READ(*, '(A 8)') DTF
WRITE(6, '(A,A8)') ' DATA FILE: ', DTF
OPEN(5, FILE=DTF)
READ(5, '(A70/A)') CHREM, CHSKIP
WRITE(6, '(A,A70)') ' REMARK:', CHREM
READ(5,31)CON, HAV, TIMESG, SGK, NDAY, NPRC, CHSKIP
31 FORMAT(F10.3, 2F10.1, F10.4, 2I10/A)
READ(5, '(20F6.1)') (PRC(IPRC), IPRC=1, NPRC)
CLOSE(5)
CALL NTHC(NDAY, CON, HAV, TIMESG, SGK, NPRC, PRC)
WRITE(6, '(A/)') ' ### ALL END ### '

```

```
999 STOP
END
```

```

SUBROUTINE NTHC(NDAY, CON, HAV, TIMESG, SGK, NPRC, PRC)
C ==== CALCULATE N TH HIGHEST CONCENTRATION FROM
C ==== MEAN AND GEOMETRIC STANDARD DEVIATION DATA
C NDAY : NUMBER OF DAYS CON : CONCENTRATION
C TIMESG : AVERAGING TIME(HR) OF SGK SGK : GEOM. SD FOR TIMESG
C PRC : N (REAL VARIABLE) NPRC : NO OF PRC
C HAV : AVERAGING TIME(HR) FOR CALC. N TH HIGHEST CONC.
DIMENSION PRC (NPRC)
DATA A0,A1,A2,B1,B2,B3/2.515517,0.802853,0.010328,1.432788
.,0.189269,0.001308/
TTIME=NDAY*24.0
SG=SGK**(1./(SQRT(ALOG(TTIME/TIMESG)/ALOG(TTIME/24.0))))
WRITE(6,41)
41 FORMAT('/' == IN SUB NTHC == (N TH HIGHEST CONC)')
WRITE(6,42)HAV,SG,NDAY
42 FORMAT(' AVERAGING TIME(HR) =' ,F5.1
.,' GEOMETRIC SD(24 HR) =' ,F9.5,' TOTAL DAYS =' ,14)
DO 21 I=1,NPRC
FREQ=PRC(I)/(TTIME/HAV)
U=SQRT(ALOG(1./(FREQ*FREQ)))
ZFREQ=U-A0+A1*U+A2*U*U)/(1.+B1*U+B2*U*U+B3*U*U*U)
SIGK=SG**(SQRT(ALOG(TTIME/HAV)/ALOG(TTIME/24.0)))
EXPO=(ALOG(HAV/24.0)*(0.5*ALOG(SG)))/ALOG(TTIME/24.0)
GEOM=(CON/SG**(0.5*ALOG(SG)))*(SG**EXPO)
CMAX=GEOM*SIGK**ZFREQ
IF(I.EQ.1) WRITE(6,43)GEOM,SIGK, CON
43 FORMAT(' EXPECTED GEO MEAN =' ,F8.2' GSD = ' ,F9.4
.,' MEAN CONC =' ,F10.4)
21 WRITE (6,44)PRC(I),CMAX
44 FORMAT(' EXPECTED ' ,F8.2,' TH HIGHEST CONC =' ,F9.4)
RETURN
END

```

## APPENDIX 2 입력자료

```

FILE : LBP2 4Y DATA FOR NTHCON AT BANPO YEARLY 24 HOURS
CON HAV TIMESG SGK NDAY NPRC
57.847 24.0 24.0 2.4170 365 8
PRC PRC PRC PRC PRC PRC PRC PRC PRC PRC
3.0 18.0 37.0 91.0 183.0 247.0 329.0 347.0
C ==== END DATA

```

### 입력자료의 설명

CON은 산술평균농도, HAV는 구하고자 하는 고농도의 평균화 시간(hour).  
 SGK는 실측자료로 구하여지는 기하표준편차.

TIMESG는 SGK를 구하는데 사용된 농도자료의 평균화 시간.

NDAY는 대상으로 하는 장기간의 일수.

PRC는 i번째 고농도의 i값에 해당하며 real 값으로 입력.

NPRC는 계산하고자 하는 PRC의 수.

평균화 시간이 TIMESG인 농도자료가 N개 있을때 기하표준편차를 구하는 방법은 우선 N개의 농도자료에 자연대수를 취한후 표준편차 SD를 구한다. 그러면 기하표준편차는  $EXP(SD)$ 로서 구하여진다.

### APPENDIX 3 출력결과의 예

```
### N TH HIGHEST CONC. (NTHCON.FOR)  DATE= 1989  3.27.  TIME=  8:13
RESULT FILE NAME == PRN
DATA FILE : LBP24Y
REMARK: FILE: LBP24Y                DATA FOR NTHCON AT BANPO YEARLY 24 HOURS

== IN SUB NTHC ==                (N TH HIGHEST CONC)
AVERAGING TIME(HR) = 24.0  GEOMETRIC SD(24 HR)= 2.41700  TOTAL DAYS= 365
EXPECTED GEO MEAN= 39.19  GSD = 2.4170  MEAN CONC = 54.8470
EXPECTED 3.00 TH HIGHEST CONC = 325.6972
EXPECTED 18.00 TH HIGHEST CONC = 168.3784
EXPECTED 37.00 TH HIGHEST CONC = 120.6237
EXPECTED 91.00 TH HIGHEST CONC = 71.1841
EXPECTED 183.00 TH HIGHEST CONC = 39.0699
EXPECTED 274.00 TH HIGHEST CONC = 21.7158
EXPECTED 329.00 TH HIGHEST CONC = 13.0251
EXPECTED 347.00 TH HIGHEST CONC = 9.8789
### ALL END ###
```