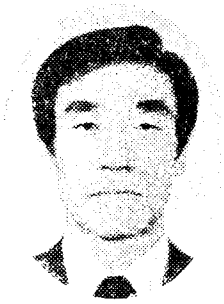
<技術資料>



아세안게임期間中 大氣汚染 低減特別對策에 대한 小考

(Note on measures for decremental air pollution control during the Asian game)

環境廳 서울環境測定管理事務所 所長 金 基 俊*

1. Los Angeles市와 서울市의 比較

86 아세안게임과 88 올림픽게임을 위하여 20萬名을 收容할 수 있는 서울綜合運動場(잠실), 10萬名을 수용할 수 있는 主競技場, 2萬名을 수용하는 室內體育館, 6萬 5千名을 수용하는 國立경기장(둔촌동)등이 서울을 위시한 各都市에 건설되고, 國立경기장 부지내에 選手가 수용될 아파트式 선수촌과 記者村, 放送通信施設, 프레스센터가 건설된다.

1984年 第23回 올림픽이 개최된 Los Angeles市는 1400萬臺의 車輛이 있고 每日平均 45,600kl의 휘발유, 15,200kl의 輕油를 사용하고, 約 4,000個의 大規模工場이 立地한 人口 약 900萬名의 都市로서 大氣汚染 特히 光化學 Smog가 심한 都市이다.

1986年에는 서울에서 아세안게임이 개최되는데 主경기장은 잠실 일대가 되며 서울지역의 9月 10月의 主風向은 西北風으로 市內中央部에서 잠실지역으로 바람이 불게 되어 있어 市內에서 排出되는 大氣汚染物이 이 地域으로 옮겨질 가능성이 있을 것으로 본다.

1984年 올림픽게임이 개최된 LA와 앞으로 개최될 서울과 比較해보면 LA보다는 地域面積이 훨씬 좁으나 人口는 거의 같으며 조밀한 면적에 道路가 협소하고 運行車輛이 도로에 침체되고 있는 현상으로 이로 인한 大氣汚染은 問題視되리라고 본다.

Los Angeles市와 서울市의 都市比較를 다음表로 나타내 본다.

區 分	Los Angeles	서 울
人 口	900만명	900만명
차량보유수	1400만대	50만대
연료사용량 (차량)	휘발유 1日, 45,600kl	휘발유 1日, 900kl
	경 유 1日, 15,200〃	경 유 1日, 1,100〃
		LPG 1日, 1,000〃
(1日 차량 주행 거리)	150km	400km
工 場	大規模 4,000個所	排出시설(大氣) 4,600個所

2. 競技와 環境

1976年 제21회 몬트리얼올림픽大會에서는 大氣汚染이 마라톤경기의 記錄에 重大한 障害를 준다는 理由로 開催地의 大會期間中 大氣汚染상

* 環境管理技術士(大氣管理)

태를 公開한바 있다.

1980年 제22회 모스크바 올림픽대회에서는 IOC에서 명확히 大氣汚染이 경기에 장해가 있다고 인정하고 大會期間中 大氣를 檢査하여 허용기준을 초과하지 않았다는 사실을 IOC에 보고토록 의무화 시켰다. 大氣汚染檢査項目으로 O_3, NO_2, CO, SO_2, 重金屬이다.

1984년 유고슬라비아 사라예보에서 개최된 IOC醫務分科委員會에서는 위원들 사이에 다음 개최지인 LA의 大氣汚染과 Smog 現象이 심각하다는 우려로 마라톤 전코스의 過去 5年間 기상조건 및 大氣汚染測定 자료로서 오전 8시부터 오후 8시까지 各 時間마다 氣溫, 氣濕, 풍향, 풍속, 大氣汚染度 (O_3, CO, NO_2 등)가 제출되었고 男女 다같이 마라톤경기에 지장이 없는 것으로 판단되었다.

이 報告書의 內容에는

- 大氣汚染의 濃度와 氣溫이 상승하는 晝間과 下午를 피하여 男女 마라톤을 이른 아침과 늦은 下午에 개최키로 결정.
- 마라톤경기를 위한 道路 부근에서는 自動車 통행이 허용되지 않으며 선수들은 重量車가 通行하는 도로에서 떨어진 선수촌에 收容된다.
- 과거 5년간에 이 地方의 大氣汚染은 꾸준히 개선되었다.

1984年에 경기가 진행될 경기장에서 극히 稀少하게 높은 오염도(High Pollutant Episode)가 發生하고 있을 뿐이다. 이 Program의 目的은 少年과 成人 또는 呼吸器 순환기병을 가진 민감한 市民의 건강을 효과적으로 보호키 위한 것이다.

3. 大氣汚染과 運動競技

運動競技에서 呼吸量이 最大로 증가하고 鼻呼吸에서 口呼吸으로 移行되므로서 大氣汚染物의 吸入量이 最大로 增加한다.

運動競技에 영향을 주는 大氣汚染物에 대해서 1967, Wayne 등 많은 研究가 있으나 그 中에서도 SO_2에 의한 肺機能의 低下, SO_2와 粒子狀物質의 混合汚染, O_3, O_3와 SO_2, O_3와 粒子狀物質의 混合汚染에서 心肺機能의 低下가 현저하게 나타난다.

입으로 SO_2를 호흡할 경우 氣管支, 肺胞까지 도달하나 코로 숨쉴경우 肺胞까지 도달하지 않는다고 한다(Michael T. Klernman).

1) 美國 EPA는 大氣中 光化學的 oxidant의 環境基準을 OX에서 O_3로 定하고 primary standard(公衆의 건강을 보호하기 위한 기준)을 0.10ppm, Secondary standard(生活환경보호를 위한 기준)을 0.08ppm으로 定하고 年 1回 以上 기준을 초과하여서는 안된다고 規定하였다. 이 基準의 根據는 :

- O_3 0.15~0.25ppm의 短期間 폭로로 運動中의 건강한자와 敏感한 사람에게서 肺機能의 損傷, 胸部絞感, 기침, 喘息 등 臨床症狀을 유발한다.
- 약 0.25ppm의 O_3 농도에서 喘息發作이 증가한다.
- 0.1ppm O_3 농도에서 實驗動物의 細菌감염에 대한 감수성이 증가한다.
- 0.1~0.3ppm O_3 농도에서 動物의 生化學的 形態學的 이상과 유전학적 변화가 관찰된다.
- 大氣汚染 上昇期間後에 大學生의 罹患率이 증가한다.
- 1年附 每週 1時間 O_3에 폭로된 토끼에서 老化과정이 促進된다.
- 0.37ppm의 O_3와 SO_2의 混合폭로는 각각 單獨폭로에 비해서 사람의 肺機能에 더욱 큰 변화를 준다. 또 0.25ppm O_3와 0.3ppm NO_2 또는 30ppm CO의 混合폭로는 O_3 단독폭로에 비해서 增强作用이 없다.
- 0.01~0.30ppm 1시간 폭로로 學童의 25%에서 肺機能低下와 有意의 相關관계가 있다.
- 0.03~0.30ppm 1시간 폭로하에서 「마라톤」경기의 記錄低下와 O_3 농도간에 有意의 相關이 있다.
- 基準은 probable effect leval과 margin of sefety를 考慮에 넣어서 결정한다.

2) 1979年 Beatrice J.Selwyn 등은 健康人의 甚한 競走에서 O_3는 肺기능을 크게 저하시킨다.

3) 1969년 香川順 등은 6名의 Volunteer에 0.15ppm O_3와 0.15ppm SO_2를 各合 混合 그속

에서 2時間 輕運動을 시킨 결과 2名은 모든 경우에 深呼吸을할때 기침이 유발되고 그밖의 3名은 O_3와 SO_2 混合空氣에 폭로된 경우에 심한 氣度抵抗이 發生하였다. 이결과 O_3와 SO_2의 相加作用 以上으로 영향이 있는 것으로 推定된다.

4) 1981년 Thomash, stock 등은 大氣中의 O_3와 TSP가 喘息과 競走者의 肺機能을 惡化시킨다.

5) O_3와 其他光化學的 oxidant의 急性영향을 綜合하여 보면 다음표와 같다.

(A) O_3과 其他 光化學 Oxidant의 急性影響研究綜合

최저영향농도(ppm)	평균최고 1시간농도(ppm)	影響	對象
0.08	0.004~0.235	喫煙者와 患者에서 기침, 눈, 鼻刺戟症率增加, 浮遊黃酸鹽은 除外하고 분진의 pH는 眼 및 鼻刺戟과 관계가 있음.	喘息 및 Allergy 환자 및 正常 成人
0.08	0.01~0.12	O_3과 TSP에 의해서 1日 最大吸氣量 12.2~14.8% 감소함.	소아 및 젊은 성인
0.08	0.01~0.12	1日 최대 吸氣와 急性症狀을 나타내는 환자발생율은 O_3 低濃, 높은 TSP에 의해 증가.	成人 喘息患者
0.15	0.01~0.30	O_3, SO_2, 氣濃은 氣道抵抗에 관계함.	靑春期
0.16	0.16~0.17	正常人 및 喘息患者에 있어서 運動時에 呼吸器기능을 多少 저하시킴.	정상 및 천식환자

(B) O_3과 他光化學的 Oxidant의 急性影響研究綜合

최대영향농도(ppm)	평균최고 1시간농도(ppm)	影響	對象
	0.03~0.15	LA에서 34주간에 氣濃이 낮고 높은 oxidant와 粉塵농도가 높은 날에 1日 천식發作율이 증가.	소아 및 성인의 천식환자
0.1	0.02~0.21	oxidant 농도에 따라 眼刺戟症率이 증가	靑春期
0.1	〈0.23	oxidant 농도와 氣濃上昇으로 眼刺戟, 咽喉症, 두통, 기침이 誘發되고 SO_2, NO_2, NO 농도는 관계가 없음.	소아 및 靑春期
0.10~0.15	〈0.04~0.50	oxidant 농도에 따라 眼刺戟, 기침, 胸部불쾌감, 두통이 나타난다. 그러나 CO, NO_2 및 1日최저기온과 관계 없음.	젊은 成人
0.12	0.06~0.37	LA에서 競走前 1시간의 oxidant 농도는 운동경기기록향상에 지장, NO_2, CO 분진농도와는 무관.	靑春期

6) CO와 運動競技

高濃度의 CO 汚染大氣에 의해서 많은 競技者가 練習이나 경기에서 나쁜 영향을 받은 것으로 特히 持久力의 스포츠나 最大作業量을 發揮하는 종목에서 현저하게 나타난다.

COHb 값 上昇에 따라 MWT(maximun work time, 최대 작업시간)이 감소하여 50ppm의 CO 폭로가 非喫煙者의 Trodemill에 의한 步行持續時間을 有意하여 감소시킨다.

7) NO_2와 運動競技

National Research Council(1977)에 의해서 조사된 NO_2의 毒性은 0.08~0.16ppm의 NO_2가 다른 汚染物質과 共存할 때에도 肺換氣 기능에 輕微한 변화를 줄뿐이라고 하고 細胞 level 이하

의 영향은 終末細氣管支와 近心性肺胞部位에 명확한 受應이 지적되고 있다. 이 汚染物은 oxidant 大氣汚染에 있어서 光化學的 反應을 일으키는 실험물질로서 作用한다.

8) SO_2와 運動競技

SO_2의 主된 영향은 反射性의 氣管支收縮과 肺氣流抵抗을 일으키는 上氣道刺戟이다.

運動時에 呼吸量이 增加하면 SO_2의 浸透는 增加한다. Brain(1970)은 氣流가 10倍 증가하면 SO_2의 浸透는 0.1%에서 3.2%로 증가한다고 推定하였다. 이것은 SO_2의 30倍 더 吸入한 것을 뜻하며 氣管을 침해하는 SO_2량은 320배로 증가된다고 하였다.

運動의 특징은 大量의 呼吸量 및 필연적으로 일어나는 口呼吸은 SO_2에 대해서 下部氣道의 曝露를 增大시킨다.

口呼吸을 할 때에는 SO_2의 最大毒性이 일어난다고 지적되고 있다.

SO_2 폭로에 의한 反射性氣管支收縮은 運動이 SO_2침입을 조장하므로 運手가 一般人보다 障害는 早期에 더욱 强하게 나타난다고 하였다.

9) 浮遊粉塵과 運動競技

粉塵에 의한 大氣汚染에 대해서 먼저 氣道의 反射的 收縮이 일어나며 呼吸系에 粒子가 침입하는 양은 그 입자의 크기에 관계가 있다. 0.5~3.0μ의 범위의 粒子는 肺胞에 沈着하여 장기간 滯留되며 肺機能을 저하시킨다.

粒子에 흡수된 SO_2와 粒子를 구성하는 硫酸鹽(0.01~1.0μ의 범위)은 大氣에 視程을 저하시키고 氣道깊이 침입하여 呼吸機能에 악영향을 준다. 光化學 Smog가 발생하면 大氣中의 SO_2는 黃酸鹽으로 변하는 율이 높고 이것이 粒子를 形成하여 높은 汚染을 일으킨다. 그리고 硫酸鹽粒子의 大氣中 滯留時間은 數日間이라고 推定된다.

4. Los Angeles olympic 大會의 大氣汚染防止對策

가. LA의 汚染物質測定評價

'86年 아세안게임은 물론 '88서울올림픽게임을 위하여도 '84年 제23회 세계올림픽게임이 개최되었던 Los Angeles에서의 大氣汚染防止對策 내용을 알아 본다.

Los Angeles市는 올림픽大會를 앞두고 約 8年前부터 州政府, 主要産業體, 市民이 자발적으로 大氣汚染을 감소시키는 노력을 기울여 왔으며 聯邦大氣環境基準 以下로 유지할 것을 목표로 LA county 및 市를 위시해서 주위의 37個 大氣汚染測定所에서 측정을 실시하고 基準을 초과하는 경우에 警報를 發하고 있다.

1982年에 Regulation Ⅷ, Emergencies을 改正 公布하고 O_3을 비롯 6項目의 Episode Criteria를 規定하고 이를 초과할 가능성이 있을때 또는 Criteria를 초과하여 규정된 시간 지속될 때에는 관계기관, 사업자, 학교에 통보하여 大氣汚染의 감축대책을 취하도록 규정하고 학교학생의 室外活動을 제한토록 하고 있다. 各 Stage-Episode에 있어서의 自動車走行, 工場稼動 등의 제한은 이 法에 규정되어 있다.

1984年에는 California Air Resources Board는 California Air Pollution Control Low를 公布하여 연방大氣環境基準보다 더욱 엄격한 排出許容基準을 적용 규제하게 되었다.

特記할 事項은 聯邦大氣管理法 Clean Air Act의 요구에 따라 SCAOMD PSI(pollutant standard index)을 적용하여 各種 汚染物의 건강피해를 종합적으로 표시하고 Smog에보에 사용하고 있다.

大氣汚染 Episode에서 各 오염물이 基準을 초과할시 각 시민이 건강을 위해서 취해야 할 행동을 제시하고 있다.

: 工場은 Episode Stage 2가 발표되면 生産作業量을 20% 減少시키고 Stage 3가 발표되면 33%를 감축시켜야 한다.

과거 8年間('75~'83)의 South Coast Air Basin의 大氣質은 人口 약 1백만의 증가에도 불구하고 많은 改善을 보았다.

Pb는 地域內 전측정소에서 연방 기준보다 엄격한 州基準에 적합하였는데 이것은 自動車의 無鉛연료사용의 效果이다.

O_3은 1981~1983年 사이에 26個 測定所中 17個測定所에서 1975~1983년간의 어느 3年 聯邦

Episode Criteria(法 Ⅶ)

汚染物	平均時間	stage 1	stage 2	stage 3
O_3	1시간	20ppm	35ppm	50ppm
O_3와 SO_2	1시간	20〃(1)	35 〃	50 〃(1)
CO	1 〃	40ppm	75 〃	100ppm 1시간 그리고 1시간이 더 같은 농도가 예상시
	12 〃	20 〃	35 〃	50ppm
SO_2	1 〃	0.5〃	1.0〃	2.0〃
	24 〃	0.2〃	0.7〃	0.9〃
O_3와 黃酸鹽	24 〃 (黃酸鹽)	—	25 $\mu g/m^3$	—
	1 〃 (O_3)	—	0.20 ppm	—

注 (1) O_3 및 SO_2 농도가 1시간 평균값 0.10ppm을 초과하면 O_3와 SO_2 농도를 합하여 評價함.

기준을 초과한 최소 回數를 기록하였다.

O_3은 이 地方 Smog 强度를 表現한 것이다.

1983年을 1982年과 比較할 때 不良한 공기에 폭로된 人口는 대폭 감소되고 있다.

CO는 1975~1983年間에 현저히 改善되었다. 同期間동안 聯邦基準(CO-8시간 기준)을 초과한 日數는 63%가 감소했다.

NO_2는 1975~1983年間에 6個測定所의 全時間 농도의 平均値는 14%가 감소하였고 이 8年間에 기준치 초과일수는 70%가 감소되었다.

SO_2는 1983年에 全地域測定所에서 聯邦基準과 州基準에 계속 적합하였다.

粉塵은 1975~1983年의 8年間에 TSP로서 8個測定所의 平均이 7%가 감소하고 1983年에는 대부분이 測定所가 기준을 초과하고 있다.

나. LA olympic 大會期間中 大氣汚染低減對策

LA olympic 大會를 앞두고 1984年 LAOOC-olympic Health Services에서는 環境衛生業務로서 食品, 住居, 下水, 固形廢棄物處理, 一般衛生, 水質, 騷音, 전염병관리, 防疫, 大氣汚染防止에 관한 광범위한 管理를 關係行政機關과 管內自願奉仕者의 協力을 얻어 推進하게 되었다.

大氣汚染防止對策에 관해서는 과거 5年間의 大氣汚染을 分析하고 그 대책을 관계기관, 民間에 장려 요구하고 每日의 오염도를 보고받고 公告하였다.

Los Angeles市, LAOOC, 主要產業體는 다음事項을 協議하고 실천하게 되었다.

1) LA市의 Smog를 최소화시키기 위하여 모든 市民이 더욱 적극적으로 자원봉사의 방법을 제시하였는데 企業體와 職場對策(institute measure)을 강구하여 大會期間中合乘(ride sharing) 作業時間의 短縮變更(staggered work hours)를 함으로서 second stage smog episode를 目標로 하고 있다. 이것은 大會中에 自進해서 10~20% 배연 배출을 억제하는 것이다.

2) 固定排出源의 排出減縮 대책으로서 火力發展所에서 天然가스가 使用되고 脫黃油사용이 장려되었다. 工場에서는 反應性有機가스(reactive organic gases)와 NO_2 排出을 강조시키기 위한 作業短縮을 강력히 권고하였다. 作業短縮을 시행한 企業體는 단축에 해당하는 減稅惠澤을 주었다.

3) 自動車는 企業主와 從業員이 大會期間中에 휴가기간을 이용하고 또 時差근무(stagger work sche dules)를 통해서 排出最高時間을 遲延시키고 交通混雜을 감소시키는 것도 포함시킨다. 동시에 各 從業員은 不必要한 車輛通行을 삼가고 1600企業體에 大會前 2週間과 大會後 1週間 固定排出源과 移動排出源의 排出을 줄이도록 권고했다.

4) 乘用車의 共同利用(car pooling)과 貨物車의 共同利用(vanpooling) 그리고 大衆交通手段利用도 권장했다.

各 行政機關의 時間別 合乘運行(Share-A-Ride-count down)制를 조직하여 실시했다.

5) 市民의 大氣汚染에 관한 相談, 告發을 無料로 通話하기 위하여 電話會社는 Toll-Free Smog Line을 개설하였다.

이러한 州政府, 市, 市民의 노력에도 불구하고 LA의 一部地域인 東北部 San Gabriel山脈에 接近地域에서는 1st stage Smog episode의 水準을 초과하는 例가 있었으며 이러한 Smog는 大會期間中 12時~2時 사이에 發生했다.

大會期間中에는 LA County의 14個測定所外

에 Coliseum(主경기장), East LA College(Field Hocky 場) 및 市中央地에 3個의 測定所를 增設하여 Telemeter System으로 測定 South Coast Air Pollution Control District에서 종합하고 다음날의 오염도를 推計, 公告했다.

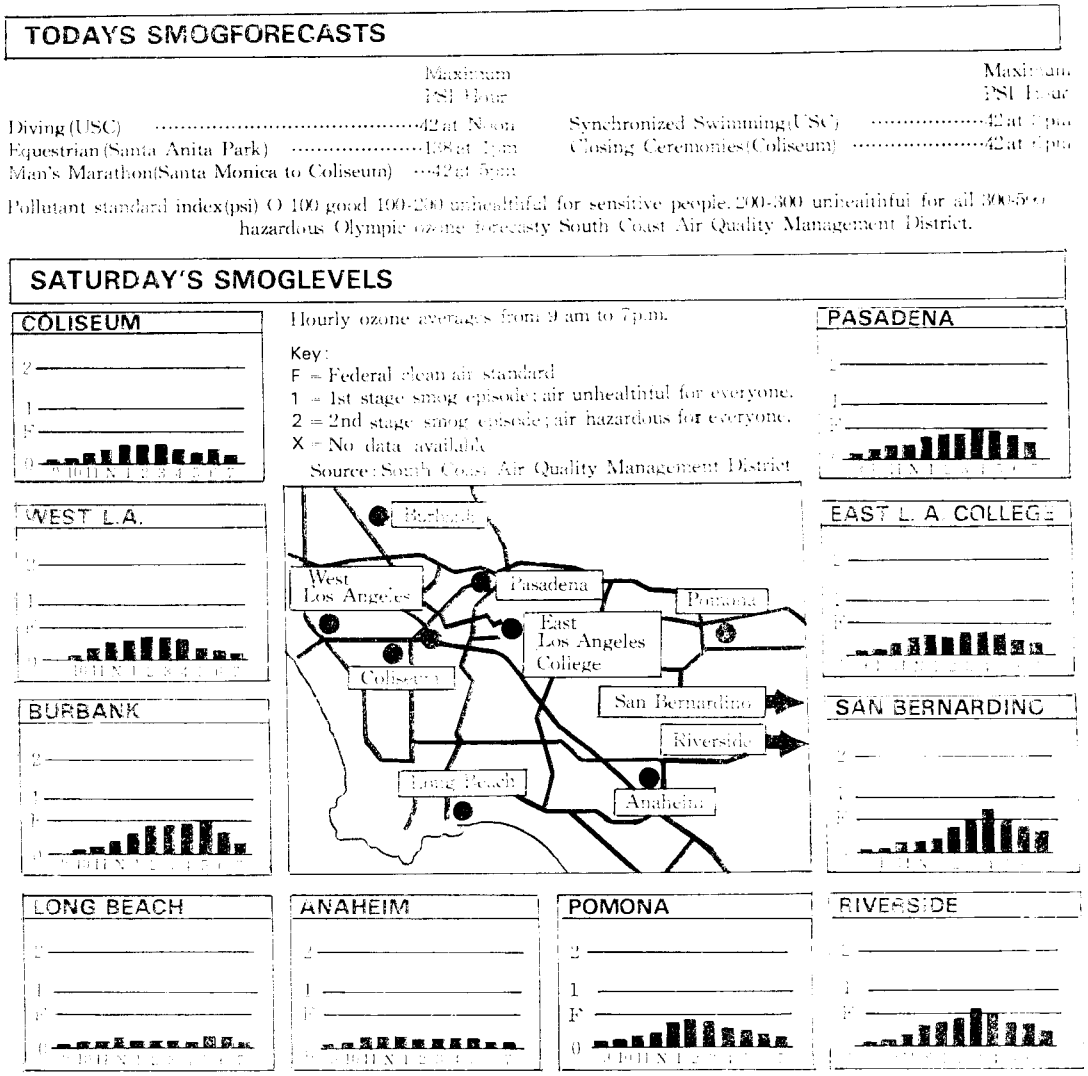
推計, 公告의 例에서 海岸地方을 除外하고 內陸地方에서 Federal Clean Air Standard를 초과하는 例가 있다.

多幸히 West Los Angeles-Coliseum 間의 男女 마라톤 競技코스에서 경기중인 하오 5시~7시 동안에는 聯邦基準이나 州基準을 초과하는 일이 없었다.

特히 警備나 마라톤경기에 사용된 車輛은 Battery Car를 사용하여 排出가스와 騷音을 경기자가 직접 느끼지 않아 記錄의 向上을 가져올수 있다고 했다.

5. 서울아세안게임 期間中 大氣汚染 低減對策 方案

快適한 環境下에서 86아세안게임을 마치고 그 환경이 계속 나아져 '88올림픽까지 마칠 수 있



LA Times 1984. 8. 12(男子 마라톤경기, 下午 5 : 00出發)에 발표된 Smog예보와 11日의 Smog濃度(1時間 平均 O_3濃度)

는 대책이 마련되었으면 하는 기대가 큰바 있다.

우리는 그동안 先進外國에서 올림픽大會를 겪으면서 취했던 大氣汚染防止對策과 大會期間中에 取해졌던 內容들을 參考로 하여 效果的인 低減政策을 事前에 강구해야 할 것이다.

本 低減方案에는 아세안게임期間 以前부터 세워두어야할 事前對策과 同 게임기간중 시행하여야할 대책을 강구해야 할것이므로 이에 대한 대책방안을 마련 제시해 보고자 한다.

가. 아세안게임 期間 以前 對策

1) 首都圈地域에서는 低硫黃油(重油, 輕油등)의 使用 및 天然가스로 代替등 燃料轉換.

2) 自動車排出가스 許容基準强化 및 無鉛휘발유의 使用.

3) 首都圈地域 大氣汚染測定所의 汚染物質測定結果에 따른 警報制實施로 效率的인 大氣汚染減縮對策 마련.

4) 서울의 9, 10月의 主風向은 西北風으로 主競技場인 잠실地域으로 大氣汚染物이 移動할 수 있으므로 이를 고려한 大氣汚染排出源統制.

5) 多量大氣汚染排出業所 移轉措置

나. 아세안게임 期間中 大氣汚染低減當面對策

1) 大會期間中 大氣汚染排出業所의 操業短縮 및 操業時間의 變更으로 大氣汚染排出抑制.

2) 小型乘用車의 競技場 인근 運行制限, 大型버스나 地下鐵利用으로 인근(경기장) 大氣汚染低減.

3) 時差勤務制 실시로 大氣汚染最高 時間遲延 및 交通混雜減少.

4) 競技場의 選擇이나 경기時間 特히 마라톤, 필드하키와 같은 室外 長時間 競技種目은 大氣汚染이 낮은 場所나 時間을 定하여 실시하고, 濃度나 氣溫이 上昇하는 주간과 下午를 피해서 이른 아침과 늦은 下午에 개최하도록 유도.

5) 特히 마라톤競技中 誘導車, TV 카메라車등은 가능한 억제하고 마라토너에 接近하여 車輛運行하는 事例가 없도록 하고, Battery Car로 配車運營方案 강구.

6) 政府, 企業體 그리고 市民이 合心하여 同期間 前後에 大氣汚染을 低減시킬 수 있도록 하는 계몽유도.

과학 기술 혁신속에

2천년은 밝아 온다