

都市公害에 미치는 酸化窒素를 비롯한 有害가스의 光學的現狀에 對한 研究

A study on Air Pollution by
Photochemical Reaction of Nitrogene oxide

檀國大學校 教授 羅 允 浩※
◇ 孫 仙 官※※
◇ 崔 乘 載

I. 緒 論

光化學反應에 의한 大氣汚染現象에 對하여 筆者는 “光化學反應과 空氣 汚染”이라는 題下¹⁾에 光化學反應으로 因한 空氣의 汚染의 實態를 論하였으며 “光化學反應과 大氣汚染”이라는 題目²⁾에서는 主로 大氣中에 있는 汚染物質들의 各個反應內容과 이들의 復合的인 反應內容을 밝혔으며, 그리고 “光化學反應과 大氣圈汚染”이라는 論文³⁾에서는 對流圈 및 成層圈內에서 일어나고 있는 光化學反應에 對하여 研究한 結果를 發表했다.

大氣汚染問題는 우리가 生活하고 있는 環境內에서 不斷히 그리고 매우 復雜하게 多角的으로 여러가지 微量의 物質들이 空氣中에서 作用하고 있음에도 不抱하고 우리는 그 內容과 이것이 환경에 미치는 영향에 對하여서는 그다지 深刻하게 論議하고 있지 않다.

그러나 大氣汚染問題 特히 光化學的 現象은 거의 모든 분야에 새로운 課題를 提起하였을 뿐만

아니라 特히 化學分野에 있어서는 大氣圈內의 化學反應이라는 아주 새로운 領域에 屬하는 課題를 안겨 주었다.

元來 大氣中에 있는 氣體는 周知하는 바와 같이 窒素와 酸素가 大部分을 차지하고 있지만 이 두個의 物質은 定常 狀態下에서는 서로 反應하지 않음이 原則으로 되어 있으며 萬一 이들이 서로 作用한다면 地球上的 生物들은 크나큰 生存의 위험을 받게 될 것임으로 한편으로는 多幸한 일이라고도 할 수 있을 것이다.

그런데 지금까지 이들 物質이 作用하지 않는다는 사실에 反하여 極히 微量이기는 하지만 空氣中에서 여러가지 物質들이 서로 作用 하므로서 生物에 對하여 甚한 被害를 끼치고 있다는 것이 알려졌으나 예전과는 달리 오늘날의 大氣中에는 文化活動의 所産으로서 많은 物質들이 存在하며 이들이 서로 상관性을 갖고 錯雜하게 作用하고 있으며 그 內容物質의 量은 窒素와 酸素를 除外하고는 아주 極히 微量 濃度로 存在한다는 것이다.

即 光化學的 要因이 되고 있는 大氣中の 微量 物質들은 ppm 濃度로서 從來의 化學的인 수단 으로서는 매우 다루기가 어려운 微量 領域에 屬하며 이들 물질이 서로 反應하여 生成되는 새로운 物質들의 數가 너무 많아서 資料處理限界가 大端히 廣域化 해지고 있다.

- 1) 孫仙官, 光化學反應과 空氣汚染, 空害對策 pp. 17~28, 8, (1975)
- 2) 羅允浩, 崔乘載, 孫仙官, 光化學反應과 大氣汚染, pp. 7~17, Vol. 8, No. 3, (1975)
- 3) 孫仙官, 羅允浩, 崔乘載, 光化學反應과 大氣圈汚染 II, 檀國大學校 論文集, pp. 313~337, Vol. 9(1975)

※ 化工技術士(燃料 및 潤滑油)
※※ 工學博士

光化學의 大氣汚染의 根源은 人工的으로 여러 가지 方法에 의하여 空氣中에 排出되는 燃燒後 가스와 太陽光線에 起因한다.

그럼으로 大氣汚染問題는 適當 光化學的인 課題에 屬하며 여러가지 形態의 스모그(smog)를 對象으로 研究하여야 할 것이다.

오늘날 世界 主要 都市의 上空에서는 相當히 많은 量의 “옥시단트”(oxydant)가 檢出 되었으며 서울을 위시하여 韓國의 主要都市의 空氣中에도 “옥시단트”의 量이 漸次增加하여 가고 있는 추세를 보이고 있다.

이러한 見地에서 光化學的 大氣汚染에 對하여 좀 더 상세하게 論議하는 것도 尠히 意義가 없는 것은 아니라고 思料하는 바이다.

II. 炭化水素의 니트로화 反應

窒素 酸化物들의 各個 作用內容과 그 活動樣 相에 對하여서는 이미 論及하였으므로 여기서는 主로 窒素酸化物이 炭化水素에 對한 作用機構를 多角的으로 깊이 研究하므로써 그 結果과 大氣 汚染에 미치는 影響을 分析檢討하고자 한다.

前報에서 말한바와 같이 光化學的 大氣汚染의 根源은 人工的으로 空氣中에 放出된 一酸化窒素가 空氣中の 酸素와 더불어 二酸化窒素로 變化하고 이것이 太陽光線의 에너지를 받음으로서 分解하여 오존을 生成하고 나가서는 “옥시단트”를 合成함에 있다.

그런데 大氣中에서 光化學的 反應을 일으킬수 있는 窒素化合物로서는 NO, NO₂ 및 HNO₃를 考慮 對象으로 삼을 수 있다.

이들 物質들이 光化學的 作用에 의하여 오존, 옥시단트, 有機化合物의 窒素에스테르 및 過酸의^{4)·5)·6)·7)} 에스테르 등을 合成한다는 事實은 이

미 여러사람들에 의하여 論議되어 明白化되었다.

그러나 脂肪族炭化水素나 芳香族 化合物들이 上記 物質들과 氣相에서 反應하는 機構에 對하여는 그다지 論議된 바가 없다.

元來 窒酸은 液相니트로化反應에 있어서는 混酸溶液中에서 Nitronium ion(Nitryl ion)을 形成하므로써 여러가지 有機化合物에 對해서 所謂窒酸化反應(Nitration) 또는 窒酸의 에스테르化 反應을 일으킴으로서 니트로 化合物이나 窒酸에스테르를 만들어 낸다.

그런데 最近에 와서는 炭化水素의 니트로 化合物이 氣相反應에 의하여 만들어지고 있는 事實을 想起한다면 大氣中에 있어서 上記窒素化合物이 有機化合物과 反應하여 汚染物質들을 如何히 生成하느냐 하는 問題에 對하여서도 適當 研究 檢討되어야 할 것이다.

元來 芳香族炭化水素中の 水素는 -NO₂ 基와 置換 反應이 容易하게 일어나지만 脂肪族炭化水素는 反應力이 매우 弱하다. 그러나 脂肪族化合物은 遊離기나 原子狀態의 物質과 容易하게 作用하는 同時에 脂肪族化合物의 遊離基도 -NO₂ 基나 其他物質들과 容易하게 反應 한다.⁸⁾

炭素鎖가 比較的 짧은(C₁~C₅) 脂肪族 炭化水素는 HNO₃와 容易하게 氣相反應을 일으키며 375~450°C에서 Pentane은 1秒 以內에 反應하고 加壓下에서는 그 反應速度가 더욱 빠르다.

反應溫度는 反應速度를 加速하지만 生成된 니트로 化合物을 分解시킨다.

反應速度의 順序는 C數의 增加에 따라 빨라지며 生成物은 炭化水素의 H와 -NO₂의 置換 反應도 일어나고 알킬 基에 -NO₂基가 結合된 것도 있다.

가령 500°~510°C 또는 790°~800°C에서 propane은 니트로化 되어 다음과 같은 物質들을 生成한다.

500°C에서의 氣相反應內容과 800°C에서의 反應 內容을 對比해 보면 明白히 알 수 있는 것은 炭化水素가 高溫일 수록 炭素鎖의 分裂이 甚하며 短炭素鎖의 化合物의 收率이 많아지고 있음을 보여주고 있다.

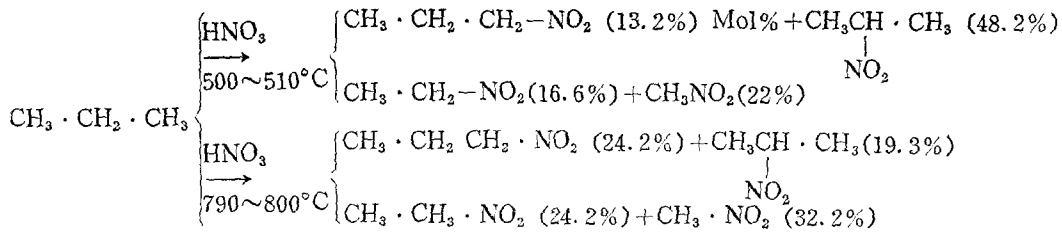
8) Westheimer, J. Am. Chem. Soc., 69, 773 (1947)

4) A. J. Haagen-Smit, "The analysis of Air Contaminants" in Report to the Los Angeles Country Air Pollution Control District. (1949)

5) A. J. Haagen-Smit, Eng. Sci. (Calif. Inst. Tech), 14, 1 (1959)

6) A. J. Haagen-Smit, E. F. Darley, M. Zaitlin, M. Hull, and W. Noble, Plant physiol., 27, 18 (1952)

7) A. J. Haagen-Smit, Ind. Eng. Chem., 44, 1342 (1952)



脂肪族化合物의 氣相反應에 있어서는 HNO₃뿐만 아니라 NO₂도 니트로화劑로 使用되고 있다.

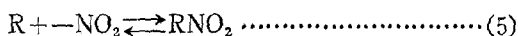
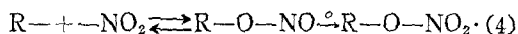
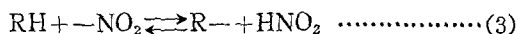
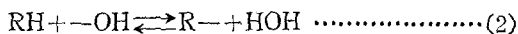
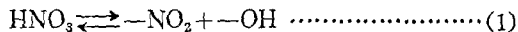
이때 反應 生成物은 1置換體만이 생기고 2~3置換體는 生成되지 않을 뿐더러 破裂된 生成物 일지라도 元來 保有하고 있던 炭素鎖의 骨格 構造의 變化는 가져 오지 않는다.

그리고 反應系內에 酸素가 介入하면 生成率이 높아지는 同時에 酸化物도 生成되며⁹⁾ 이때 反應 容器的 容積을 크게 해주면 이때도 生成收率이 높아지고 水蒸氣의 存在는 亦是 生成收率을 높여 준다.

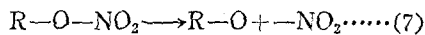
炭化水素의 分枝物은 直鎖化合物 보다 容易하게 反應하며 分裂 反應은 적게 일어난다.

III. 炭化水素의 니트로화 機構

炭化水素의 니트로화機構는 다음과 같이 說明할 수 있다. 卽 炭化水素는 系內에 存在하는 酸化物로 因하여 遊離基가 되고 이것이 -NO₂⁺와 反應하여 니트로 化合物이 生成된다고 說明되고 있다.

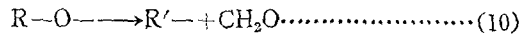
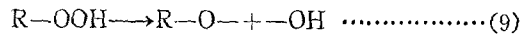
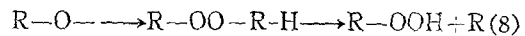


그리고 炭素鎖가 破裂되어 生成된 알킬기가 니트로화하는 內容은 (4)式에서 생긴 亞질산 알킬 또는 질산알킬이 熱分解하였을 때 生成되는 R-O-와 R-O-NO₂ → R-O + -NO₂ ……(6)

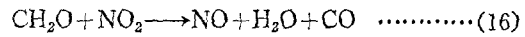
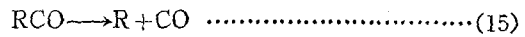
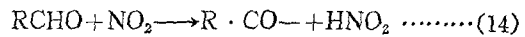
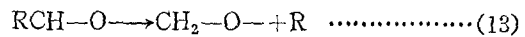
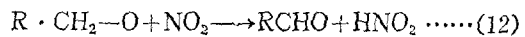
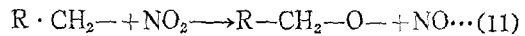


또는 알킬기가 酸素와 反應하여 生成된 Pex-oxyl-alkyl基 R-O-O-가 炭化水素와 作用하여 Hydro-pex-oxide R-OOH를 生成하고 이

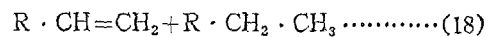
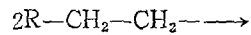
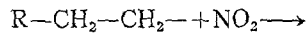
것이 分解하였을 때 生成되는 R-O-가 -NO₂와 結合하는 것으로 說明되고 있다.



한편 分裂과 酸化에 對한 反應은 다음과 같다.



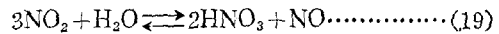
그리고 不飽和炭化水素의 生成에 對한 反應은 다음과 같다.



IV. 窒素酸化物과 大氣化學 反應

大氣汚染 卽 炭化水素가 存在하는 空氣中에서 太陽光線으로 因한 汚染反應은 數많은 論說과 또 實驗 結果들이 發表 되었지만 筆者는 다음과 같은 光化學的 空氣汚染 反應을 提起하는 바이다.

空氣中에 放出된 NO₂는 水分存在下에서 氣相 反應을 일으키고 다음과 같이 窒酸을 生成한다.



이 反應의 內容은 이미 Mc Haney에 의하여 研究되었으며 이 反應의 平衡恒數의¹⁰⁾ 값은 300 K°에서

$$K = \frac{[\text{HNO}_3]^2 [\text{NO}]}{[\text{NO}_2]^3 [\text{H}_2\text{O}]} = 0.004/\text{atm} \dots\dots(20)$$

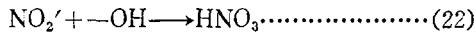
10) L. R. J. McHaney, diss., University of Illinois(1935)

9) Bachman, J. Org. Chem., 17, 906 (1952)

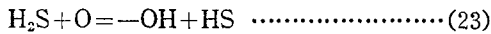
同時에 이 可逆反應은 相當히 높은 水分 存在 下에서는 約 5%의 NO₂가 室溫에서 HNO₃로 轉化 하였음도 알아냈다.

그리고 空氣中에서 太陽光線에 의해 勵起化된 NO₂'와 NO₂+hv=NO₂'.....(21)

-OH는 서로 反應하여 HNO₃를 生成할 것이다.

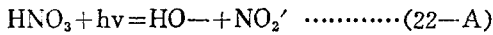
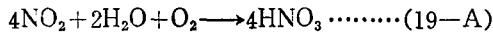


이때의 -OH는 다음 反應에서 可期된다.



그러므로 太陽光線의 힘이 弱한 아침날씨(早朝)에 넓은 大氣中에서는 II項에서 論及한 炭化水素의 諸般反應이 III項의 根據에 因해서 期待되며 이때 各種 니트로 化合物이 生成될 것이다

그리고 HNO₃의 生成과 分解 反應은 다음과 같은 것도 생각할 수 있다.

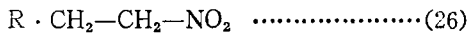
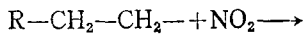


한편 NO₂에 의한 炭化水素의 니트로화 反應은 여러가지 狀態로 存在하는 NO₂에 因해서 空氣中에서 複雜한 氣相反應을 일으킬 것이다.

지금 太陽光線 存在下에 汚染大氣中에 相當量의 炭化水素가 含有되어 있다면 初段階에서는 먼저 炭化水素의 遊離基가 여러가지 可能한 化學 反應에 因해서 生成될 것이며 同時에 不飽和 炭化水素의 生成과 炭素鎖의 切斷도 期待된다.



同時에 이때 生成된 炭化水素의 遊離基는 即時 NO₂·NO₂' 또는 各種 狀態의 酸化窒素와 作用하여 니트로 化合物을 生成한다.



이때 니트로 化合物의 生成 過程에서는 (2)(3)의 反應에 因하여 連續的으로 炭化水素의 遊離基를 만들어 내는 連鎖反應을 일으킴으로서 大氣中에 炭化水素가 存在하는 限, 炭化水素의 遊離基는 實제 없이 生成 될 것이다.

그러나 太陽光線의 強度가 增加하여 各種 酸化性物質 即 酸素原子나 오존 등이 生成된 以後에는 炭化水素의 遊離基는 다른 어떠한 反應보다도 優先的으로 다음과 같은 酸化反應을

먼저 일으킬 것이다.



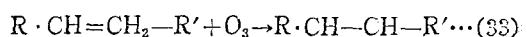
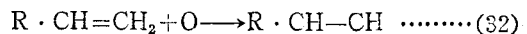
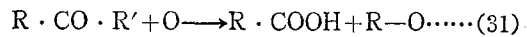
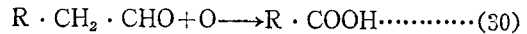
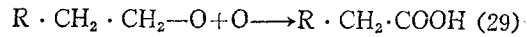
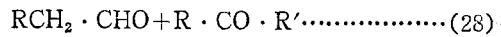
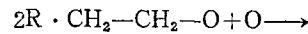
이와 同時에 炭化水素는 酸化性物質들에 因하여 炭素鎖의 破裂 또는 切斷이 일어나서 上記反應을 促進시키는 同時에 (11)~(14)式의 反應을 일으킨다.

(11)~(14)의 反應은 주로 大氣中에 存在하는 NO₂에 의한 主要 氣相反應이다. 그럼으로 大氣中에서는 NO₂의 濃度가 增加하면 이에 比例하여 酸化物, 알데히드, 케톤 및 有機酸이 自動的으로 連續生成될 것이다.

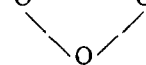
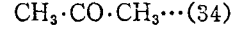
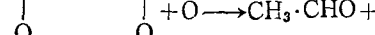
한편 (17)(18)式에 因해서 炭化水素 또는 그 遊離基들은 不飽和炭化水素로 變化한다.

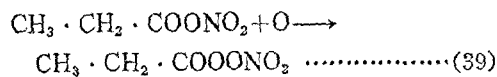
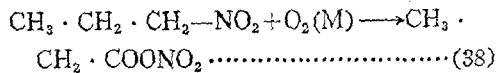
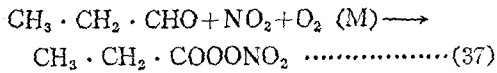
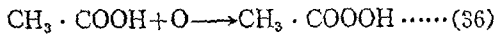
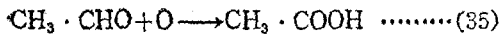
그리고 炭素鎖의 切斷이나 不飽和炭化水素의 形成은 酸素原子나 오존의 作用에 因해서도 이루어진다.

以上과 같은 內容에 因하여 汚染大氣中에는 니트로 化合物, 遊離基 간단한, 炭化水素의 酸化物 및 不飽和炭化水素들로 充滿하게 될 것이므로 이들은 繼續해서 다음의 酸化反應을 일으킬 것이다.

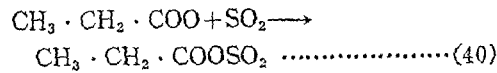


大氣 汚染反應의 中間 단계에서는 주로 有機酸과 “오존나이트”가 生成되며 이들은 다음과 같이 酸化되어 過酸의 形態로 變化되며, 有機酸은 질산이나 NO₂와 作用하여 니트로 에스테르 即 PAN·PBN·PPN 등으로 變하는 同時에 니트로 化合物도 酸化되어서 有機酸의 니트로 化合物로 變한다.





SO₂가 大氣中에 共存하면 다음과 같이 反應할 것이다.



그럼으로 大氣中에 NO₂가 存在하는 限 炭化水素는 各種 汚染物質들 로 變化하며 繼續해서 複雜한 연쇄 反應을 일으킴으로서 大氣中에는 數 많은 汚染物質들이 混雜한 狀態로 充滿하게 될 것이다.

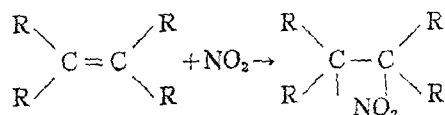
V. 不飽和炭化水素의 光化學的 大氣汚染 反應

NO₂는 不飽和炭化水素와 作用하여 結合化合物을 形成하지만¹¹⁾ 그 反應速度는 그다지 빠르지 않으며 NO는 전혀 反應力이 없지만 NO₂ 共存下에서는 若干 反應한다.

그러나 大氣反應에 있어서는 여러가지 活性分子 및 原子들의 助觸的 作用에 의하여 이 反應은 促進된다.

Brown¹²⁾은 Isobutene과 NO, NO₂와의 作用은 不安定한 油狀物質과 少量의 β-nitro-Butene, Nitro-t-Butyl alcohol 등을 生成 했다고 하며, 그 反應 機構를 다음과 같이 說明하고 있다.

即 올레핀과 NO₂가 作用하면 Nitro-Alkyl-Radical을 生成하고 이것이 다시 NO₂와 作用하여 Di-nitro化合物이나 니트로 亞塞酸을 生成하고 계속해서 NO와 作用하면 Nitroso 化合物을

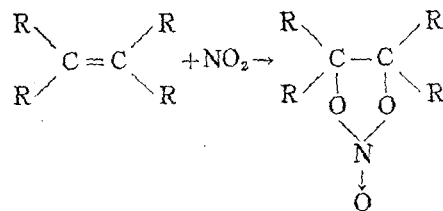


- 11) S. Sats and R. J. Cretanovic, Can. J. Chem., Vol. 36(1958)
12) Brown. J. F., J. Am. Chem. Soc., 79, 2480 (1947)

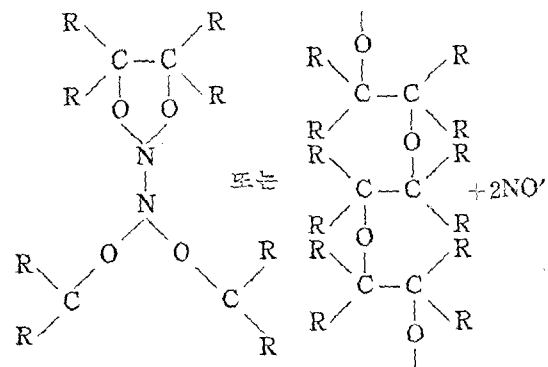
生成해 낸다고 推定했다.

그리고 이 反應은 더욱 複雜한 反應을 유발할 것이다.

不飽和炭化水素에 對해서 NO₂의 反應¹³⁾이 遊離基를 生成한다는 것에 對해서는 納得이 가지만 Di-nitro 化合物 生成은 納得이 가지 않는다. 不飽和炭化水素中の 二重結合에 對한 反應은 單一結合에 對한 反應 即 (2)(3)式과 다르며 酸素原子나 NO₂는 即時 二重結合場所에 添加反應을 일으킴을 原則으로 하고 있다. 即 NO₂가 二重結合을 자극하여 遊離基를 生成하는 에너지보다는 O나 NO₂ 특히 NO₂'가 二重結合에 添加하는 에너지가 훨씬 적은 것이다. 그러므로 二重結合에 對한 -NO₂의 反應은 오히려 Mesomeric 現象에 의하여 大氣中の O, O₂' 또는 O₃와 더불어 다음과 같이 反應함을 原則으로 할 것이다.



그리고 이때 생긴 物質은 서로 重合 함으로써 高分子 物質을 形成하여 油狀物質이 生成된다.

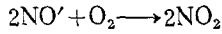


이 內容의 結果는 證明할 수 있는 根據는 Fulweiler¹⁴⁾가 水性가스와 NO 混合物中에서 고무 狀物質을 生成시켰을 때 NO가 NO₂로 酸化되는 速度가 大端히 빨랐음을 알았다.

이 事實은 前記한 NO'가 反應系中の 酸素와

- 13) Wrlfred Niels Arnold, In, J. Air poll. Pergamon Press, pp.167~174 Vol 2, (1959)
14) Fulweiler, W. H., Am. Gas J., 27(1935)

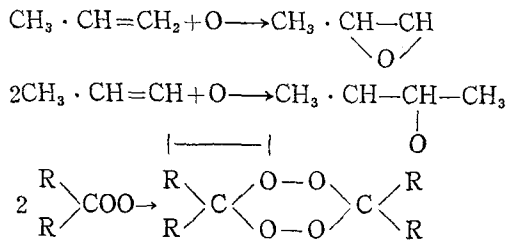
作用하여 NO₂로 변화함을 如實히 보여 주고 있는 것으로 推測된다.



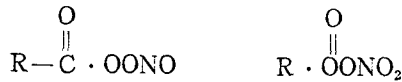
이들 反應은 特히 Conjugated Double Bond 를 갖는 Butadien에 있어서 酸化促進反應이 活潑하다. 그 理由는 Conjugated Double Bond는 다른 二重結合보다 훨씬 反應하기 쉽기 때문에 前記 NO의 生成이 活潑한 까닭이다.

그리고 Iso-pentene 과 같은 分枝物에 對한 反應의 活潑性도 納得이 갈 수 있는 것이다.

한편 不飽和炭化水素가 原子狀態의 酸素나 오존과 作用할 때 重合物이 生成되며 그 一部分은 反應 도중에 分解하여 알데히드, 케톤, 알코올, 有機酸 및 過酸이 生成되는 것도 上記 反應 機構와 비슷한 內容이 되며 이 反應은 上記反應 보다는 좀더 우세할 것이다.



계속해서 이들 反應은 NO₂와 더불어 다음과 같은 에스테르를 形成함으로써 大氣를 汚染시키게 될 것이다.



VI. 서울의 都市公害(大氣汚染)

VI-1 서울의 大氣汚染源

1973年度 서울의 自動車 保有臺數는 15) 77,627臺이었으며 1974年度 에는 84,690로 增加하였다. 1974年度의 車種別 臺數를 보면, 승용차가 47,067臺이고 승합자동차가 6,588臺 貨物차가 28,473臺, 특수차가 329臺 그리고 오토바이차가 1,755臺로 되어 있다.

現在 서울 市內의 自動車 運行狀況을 살펴 본다면 總 臺數의 50% 以上이 10km 半徑 以內에

15) 權赫姬, 國立保健院報 10, 311(1937)

서 運行되고 있을 것이며, 그 中の 50% 即 總臺數의 25% 以上이 5km 半徑 以內의 都心地에서 運行되고 있을 것이다.

그러므로 市內 中心地의 空氣汚染이 極히 甚하다. 한편 1974年度의 全國의 燃料 消費 實績을 보면 16) 가솔린 716,000KL, 경유 2,933,000KL, 重油 502,000KL, 방카C油 8,581,000KL, 로 되어 있으며 이中 서울 市內에서 消費한 比率은 가솔린 40%, 경유 33%, 重油 16%, 방카C油로 30%로 되어 있다.

그리고 1974年度에 서울 市內에서 消費한 燃料의 消費實績은 6,433,550%이었다.

이와 같은 資料를 가지고 筆者들이 計算에 의해서 SO₂의 大氣含量을 計算한 結果는 15km 半徑 100m 높이內의 空氣中에 24時間 平均値는 0.721ppm이었으며 1時間 平均値는 0.03ppm이었다.

煉炭의 消費量은 冬節에 過半量이 消費되고 있을 것임으로 自然界의 汚染度는 上記 數字와는 많은 差異가 있을 것이다.

그리고 冬期에는 바람의 影響을 많이받음으로 公害의 度는 一律的인 定論을 펴기 어렵다 17) 18)

그러나 上記한 計算結果를 檢討한다면 15km 半徑內 일지라도 높이 50m以下의 大氣圈에서는 汚染度가 倍로 增加할 것이며 市民生活이 營爲되고 있는 地上에 接近되고 있는 最下層에서 即 有害 가스가 放出된 直後의 空氣層에는 相當히 濃厚한 有害가스가 充만되어 있다는 事實에 特히 注目해야 할 것이다.

VI-2-1 서울市內의 窒素酸化物 및 옥시단트의 濃度(大氣汚染度)

VI.2.1.1 實 驗

測定裝置

二酸化窒素檢知管法

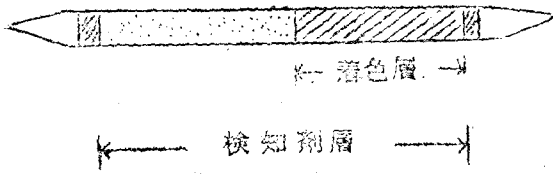
內徑 3mm, 全長 130mm유리管

檢知劑 80mm를 充填하고 兩端은 綿栓을 行한 것.

16) 산업생산연보, 경제기획원, pp. 128~130(1975)

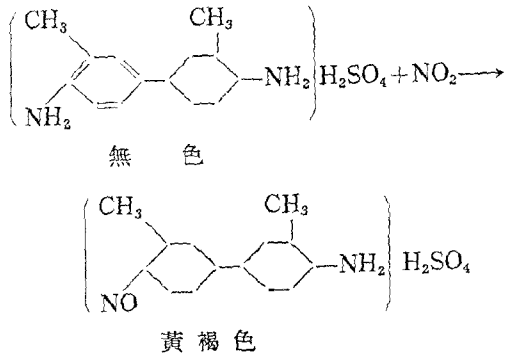
17) 福田三郎, 公害と對策, 9, 829(1972)

18) 久保明弘, 公害と對策, 9, 841(1972)



VI. 2. 1. 2 測定試藥

檢知劑는 Silica-gel을 造粒하고 여기에 황산 산성 Ortho Toluidine液을 吸收시킨 다음 乾燥한 것.



VI. 2. 1. 3 測定方法

試料空氣 100ml를 가스채취 容器에 넣고 이것을 眞空펌프로 1ml/sec의 速度로 檢知管 入口에서 吸込한 後 着色層의 長이를 알고 이 長이의 값을 濃度表와 對照하여 NO₂의 ppm 값을 찾아 냈다.

VI. 2. 1. 4 測定內容

二酸化窒素 (NO₂)

VI. 2. 1. 5 測定場所

漢南洞

VI. 2. 1. 6 測定期回

1975年 6월부터 10月

VI. 2. 2 實驗結果

서울시 漢南洞에서 測定한 NO₂의 含量濃度를 表示하면 表 7 및 Fig 1과 같다.

表 1 및 Fig 1에 記載된 內容은 二酸化窒素의 濃度를 ppm으로 表示한 것이며 1975年 6월부터 10月사이의 것이다.

Oxidant의 量은 計算에 의한 값이다.

表 1. 서울시 漢南洞의 大氣中の NO₂의 濃度
Unit : ppm

月別	NO ₂			Oxidant		
	Min 最低 濃度	Max 最高 濃度	Aver 平均 濃度	Min 最低 濃度	Max 最高 濃度	Aver 平均 濃度
6	0.06	0.36	0.21	0.02	0.12	0.07
7	0.06	0.38	0.22	0.02	0.13	0.08
8	0.08	0.42	0.25	0.02	0.14	0.09
9	0.07	0.36	0.21	0.02	0.12	0.07
10	0.06	0.35	0.20	0.02	0.12	0.07

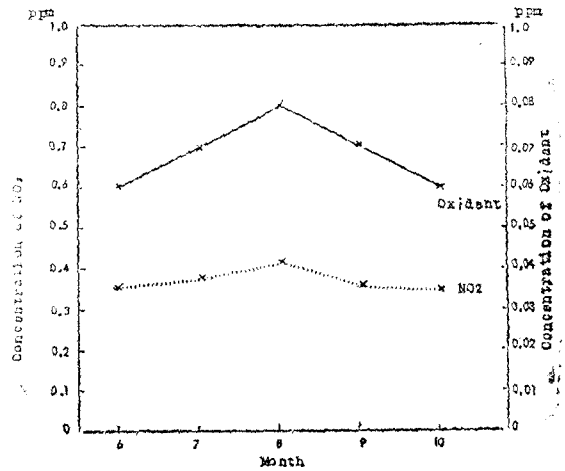
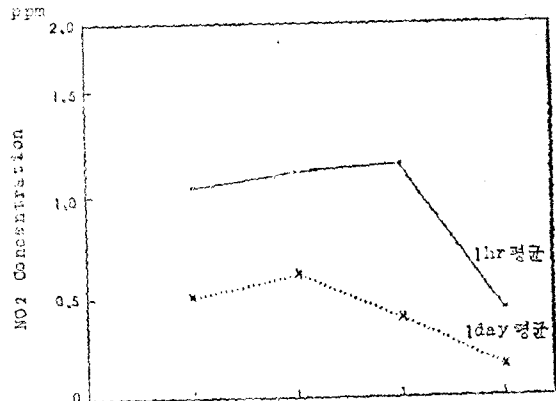


Fig. 1 Maximum Concentration of Oxide of Nitrogen in Seoul, 1975

表 2 및 Fig 2에는 美國의 各 都市와 서울의 大氣中에 存在하는 NO₂의 最高濃度를 比較한 것이다.



Cicago Los Angeles Washington Seoul
Fig. 2 Maximam NO₂ Concentration Comparison in Various Cities

表 2. 各 都市의 NO₂의 濃度比較

美國은 1966年度
서울은 1975年度

Unit : ppm

	Chicago	LosAngels	Washing- ton	Seoul
1hr 平均	1.06	1.39	1.41	0.42
1day平均	0.50	0.55	0.38	0.14

VI. 2. 3 考 察

表 1 및 Fig. 1를 檢討하건대 서울의 大氣中에 存在하는 NO₂의 量은 그 濃度의 變化가 月別로 큰 차이는 없음이 發見되었으며 8月을 中心으로 약간씩 變化하고 있음을 알 수 있다.

또 Oxidant의 量은 計算(NO₂의 30%)에 의하여 推定한 값으로서 正確치는 않으나 아마도 이러한 推勢別로 變化하고 있을 것이 明白하며 앞으로 확인해야 하겠다.

또 서울의 大氣汚染度를 外國의 都市와 比較하여 보면 表 2 및 Fig. 2에서 보는 바와 같이 아직은 大端치 않으며 그 含量은 매우 적다는 것을 알았다.

그러나 서울 市內의 交通量이 날로 增加하고 있음으로 앞으로는 그 度가 심해 질 것 같다.

VII. 結 論

最近 우리나라에 있어서 서울市를 爲始한 大都市에 있어서는 自動車의 運行臺數가 급격히 增加하였으며 市中 번화가에서는 國부적이나마 空氣汚染이 甚한다.

비록 로스안젤스에 있어서는 自動車의 洪水가 一時에 50萬臺 以上이며 自動車 保有臺數가 100萬臺 以上인데 비해 서울市는 保有臺數가 1973年에 77,627臺 임으로 比較될 바는 아니다.

그러나 서울에 있어서는 極限된 中心街에서 集中 運行되고 있음에 비추어 自動車運行의 密度가 큰 問題가 될 것이다.

그러므로 이와 같은 密集運行에 對한 空氣汚染 狀態를 파악하는 것이 가장 眞요한 연구 과제라고 생각하는 바이다.

光化學的空氣汚染을 防止하기 爲하여는 人工的으로 可能한 것은 炭化水素를 大氣中에 放出하는 것을 抑制해야 한다.

自動車와 注油所 또는 유류 운반차에는 氣化된 炭化水素를 回收하는 콘덴사 장치가 加設되어야 하며 될 수 있는 대로 石油類의 地上 폐기를 捨가해야 한다.

둘째로는 引擎機關을 통하여 放出되는 窒素酸化物의 量을 감소시키도록 努力해야 할 것이다.

세째는 自動車의 集中運行을 防止하고 運行速度의 管理를 合理的으로 다루어야 할 것이다.

以上의 方法 以外에 窒素酸化物을 除去하는 몇가지 方法이 있지만 經濟的인 面에서 고려할 때 合理的인 方法이라고는 생각되지 않는다.

지금까지 報文 ①, 報文 ②, 報文 ③, 研究發表한 內容 및 本論文을 合하여 綜合하여 筆者가 研究한 結果를 요약하면 다음과 같다.

光化學 反應의 形態를 밝히고 서울市內의 汚染度를 實驗測定한바 NO₂의 最高濃度는 0.42ppm이고 平均 0.21ppm이었으며 Oxydant의 最高濃度는 0.14ppm으로서 危險限界에 接近해 가고 있음을 알았다.

그리고 서울 市內의 NO₂의 含量은 外國都市의 含量보다는 적었다는 事實을 알았다.

本研究의 結果를 要約하면 아래와 같다.

1. 汚染物質들에 對한 光化學反應의 內容을 밝혔다.

(A) 自動車排氣가스인 NO가 NO₂로 變化하고 이것이 空氣汚染의 初期의 役割을 한다.

(B) 오존의 生成과 더불어 NO→NO₂→NO+O 等の 反應을 일으킨다.

(C) 炭化水素가 酸素原子 또는 오존에 의하여 퍼옥시 化合物을 形成하고 옥시탄트를 生成한다.

(D) 옥시탄트가 여러가지 汚染物質을 生成하는 連鎖反應

(E) 公害의 內容

2. 서울의 空氣汚染狀態는 東京, 로스안젤스, 런던型과는 다르며 시카고型과 비슷하다. 卽 眞한 안개가 끼는 날씨가 적고 바람의 影響을 많이 받는다.

3. 實驗場所 및 試料의 採取場所는 서울 漢南洞이었으므로 서울 市內全域의 事情과는 差異가

<69p에서 계속>