

< 敎養論文 >

# 環境汚染의 解決을 위한 綜合科學的 接近方法 ( I )

申 鉉 德\*

An Interdisciplinary Approach for the Solution of Environmental pollution

Hyun-duk shin, ph.D.

Associate professor Dept of Environmental Science Kyung Hee University

### ABSTRACT

Environmental pollution or contaminations caused by various kinds of pollutants have become one of most serious problems of our time. Environmental pollution is the unfavorable alteration of our surroundings, through direct or indirect effects of changes in energy patterns, radiation levels, chemical and physical constitution and abundances of organisms. These changes may affect humans directly or through their supplies of water and of agricultural and other biological products, their physical objects or possessions, or their opportunities for recreation and appreciation of nature.

Pollutants that meet the criteria of this definition of environmental pollution are numerous: gases (such as sulfur dioxide and nitrogen oxides) and particulate matter (such as smoke particles, lead aerosols, and asbestos) in the atmosphere; pesticides and radioactive isotopes in the atmosphere and in waterways; sewage, organic chemicals, and phosphates in water; solid wastes on land; excessive heating (thermal pollution) of rivers and lakes; and many others. Some of these pollutants are introduced into the environment naturally, others by human actions, and most in both ways. Our major concern is with environmental pollution resulting wholly or largely as a by-product of human activities, because these can be controlled most readily.

Environmental pollution cannot be solved by science and technology alone. It should be handled by an interdisciplinary approach with combined methods of science and technology as well as social science disciplines for the better solution of this critical problem. In this respect, introducing "Environmental Science," a new scientific approach for the solution of environmental problems, which is now widely accepted by most developed countries of the world, will be very helpful for systematization of theoretical basis for a new scientific approach to environmental pollution.

Environmental science is "the study of all systems of air, land, water, energy, and life that surround Man. It includes all sciences directed to the system-level of understanding of the environment, drawing especially upon such disciplines as meteorology, geophysics, oceanography, and ecology, and utilizing to the fullest knowledge and techniques developed in such fields as physics, chemistry, biology, mathematics and engineering as well as many social science disciplines, such as economics, law, political science and public administration." The components of this discipline are not new, for they are drawn from existing areas of science within biology chemistry, physics, and geoscience. What is really new about environmental science, however, is its viewpoint - its orientation to global problems, its conception of the earth as a set of interlocking, interacting systems, and its interest in Man as a part of these systems.

\* 慶熙大學校 水原大學敎授

目 次	
I. 序 論 .....	208
II. 人間과 環境의 質 .....	208
III. 大氣, 水質 및 土壤의 汚染 ...	210
IV. 廢棄物處理 .....	212
V. 綜合科學的 接近方法 .....	214

### I. 序 論

最近에 우리나라에서도 자동차의 排氣로 인한 서울市內의 大氣汚染의 증가, 人體의 배설물과 廢水處理의 지연으로 생기는 管理不充分으로 인한 도시미관의 毀損과 그 適時處理의 지연으로 생기는 衛生上의 危害, 각종 소음 및 진동으로 인한 都市人들의 들의 스트레스 增加등은 都市化에 병행하는 불가피한 副作用으로서 우리들에게도 심각한 문제로 나타나고 있다. 더 나아가서 각종 藥害의 발생, 不正食品의 문제 農藥中毒, 원자력발전소의 가동으로 생길 수 있는 방사선汚染등은 우리의 日常生活에 있어서 豫測할 수 없는 危害를 주고 있다.

60年代의 經濟發展第一主義의 여파는 70年代에 들어와서 일찌기 豫測하지 못한 環境에 대한 여러가지 汚染으로 나타나기 시작했는데, 그것은 주로 大都市 工業團地의 大氣汚染, 主要 河川의 수질오염, 공업지역의 廢水의 影響을 받은 토양오염, 農藥의 蓄積性에 의한 農作物汚染의 形態등으로 나타나서, 이러한 문제들을 그대로 방치해 두면 특히 국토의 可用面積이 작은 우리나라와 같은 경우에는 環境汚染의 禍급이 全國의으로 加速化될 것이 예상되어 우리들에게 심각한 廢害를 주게 될 것이므로, 이에 대한 綜合對策의 樹立이 어느때 보다도 時急하게 要請되고 있다.

環境汚染(environmental pollution)은 人間의 주위를 둘러싸고 있는 모든 社會的, 生物學的 物理 또는 化學的인 要素들에 대하여 그 質(quality)을 다음과 같은 방법으로 급격히 變更시키는 것을 의미한다. 즉, 첫째로 大 화재, 폭발, 廢水處理, 자동차의 배기, 배설물 및 기타의 廢棄物등에 의하여 無意識的으로, 둘째로 核武器의 實驗, 농업 또는 산업적인 소각등에 의한 비교적 신중한 방법으로, 셋째로 농약, 의약품 및 食品保存劑등을 사용하여 故意的으로 環境을 損傷시키는 경우등을 생각할 수 있다.<sup>1)</sup>

環境汚染을 가져오는 汚染源(pollutants)은 여러가지 形態를 취하고 있다. 大氣中에 있는 기체나 미립자, 대기 및 水路中에 있는 농약 및 방사선 同位原素, 水質內의 배설물, 유기화합물, 인산염, 토양위의 固体廢棄物, 하천 및 호수의 지나친 溫度(地熱汚染)와 기타의 오염원을 들 수 있다. 이러한 오염원은 自然發生的인 것과 人爲的인 것으로 구별할 수도 있으며 兩者가 복합되는 경우도 있는데, 우리의 관심사는 주로 人爲的

인 오염원이 문제시 되고 있으며, 이것은 또한 우리들이 용이하게 관리할 수 있는 것이기도 하다.<sup>2)</sup>

그런데 環境汚染에 관한 문제를 論議함에 있어서 未解決狀態로 남아 있는 문제는 上記한 汚染源에 의하여 우리 주변에 不利한 變更(unfavorable alteration)<sup>3)</sup>을 가져오는 것이 어떠한 意味를 갖느냐에 있다. 이에 대해서는 국가에 따라 의견이 相異할 수 있는데, 그 이유는 예컨대 先進諸國에 있어서는 비료나 농약의 害毒이 관심의 대상이 되고 있지만, 식량생산이 불충분한 국가들의 경우는 食糧増産이 優先하므로 비료나 농약 사용으로 인한 廢害는 거의 관심의 대상이 될 수도 없는 경우와 같이 極히 상대적인 의미를 갖고 있다는 점에 留意해야 할 것이다.

本論文은 環境汚染의 문제를 綜合科學的인 방법, 특히 自然科學 및 工學과 社會科學的인 方法論의 절충에 의하여 해결하는 것이 바람직하다는 前提下에, II에서 都市化 및 産業化에 따라 急増하고 있는 여러가지 汚染 가운데 化學的인 汚染에 의하여 야기되는 우리의 環境의 質에 대한 變化를 개괄적으로 살펴본 다음, III에서는 大氣, 水質 및 土壤의 오염문제를 그리고 IV에서는 廢棄物處理에 關聯된 문제점을 좀더 具體的으로 다루고, 끝으로 V에서 環境問題를 綜合科學的인 方法論을 導入하여 研究하고 있는 新學問인 環境學(Environmental Science)을 소개함으로써, 우리들에게 점차적으로 심각한 問題化하고 있는 環境汚染의 解決을 위한 바람직한 方法論을 提示해 보려는데 그 目的이 있다.

### II. 人間과 環境의 質

環境의 質에 대한 毀損은 人間이 조그마한 부락을 이루고 불을 사용하기 시작한 原始時代까지 거슬러 올라갈 수 있지만, 사실상 産業革命 이전까지는 별로 문제시되지 않았다고 볼 수 있다.

環境의 質에 關聯된 대부분의 문제들은 僻壤한 農村의 生活습성을 포기하고 都心地域으로 人口가 集中되어 들어오기 시작하는데 비롯하며, 그 直接的인 動機는 産業化에 뒤따르는 보다 나은 經濟的인 機會, 便利한 交通手段 및 農藥의 機械化에 대한 農藥革命등으로 1850年代에는 4명 정도의 家族을 먹여살릴 수 밖에 없었던 농부들도 현재는 30여명을 능히 먹여살릴 수 있을 정도로 生

活水準이 向上되었다.

都市化는 비교적 最近의 현상으로서 1920 년대에는 世界人口의 14%가 都市에 살고 있었던 것이 1940년대에는 19%로, 그리고 1960년대에는 25%로 증가되었다. 最近의 한 豫測은 1980년대에는 33%가, 그리고 2000년대에는 44%의 세계인구가 都心地域에서 살게 될 것으로 추정하고 있다.<sup>4)</sup> 미국에서는 이러한 傾向이 좀더 顯著하게 나타나서, 1970년대에는 미국인구의 95%가 農村에서 살았는데 2000년대에는 교외로의 大量人口移動에도 불구하고 거꾸로 全体人口(약 3億으로 추정 됨)의 약 85%가 都心地域에 살게 될 것으로 예상되어<sup>5)</sup> 도심지역의 대기 및 수질오염문제, 밀집한 生活여건에서 자연 발생적으로 나타나게 되는 소음 및 신체적인 스트레스로 인한 보건상의 諸問題 및 都市의 빈민窟의 증가로 야기될 수 있는 여러가지 經濟·社會的인 문제점들을 가져올 여지를 다분히 안고 있다.

現代産業社會의 등장은 1733년의 Kay에 의한 織物機(flying shuttle) 및 1770년의 Hargreaves에 의한 紡績機(spining jenny)의 발명과 1769년의 Watt에 의한 증기기관의 개발에 의한 방직업의 급속한 發達에 基因한다고 일반적으로 말해지고 있는데, 그 후 200여년 간에 화석연료(fossil fuels)인 석탄, 亞炭(li-gnite), 석유 및 천연가스가 産業時代의 燃料 및 에너지로서 널리 사용되었을 뿐만 아니라 콜타르 및 석유로부터 추출한 수많은 化學物質의 合成燃料로 供給되었다. 前世紀와 비교해 볼 때 石炭生産은 불과 12배가 증가한데 비하여 石油生産은 약 2,000 가량 증가하게 되었는데, 미국의 한 보고서<sup>6)</sup>는 이러한 화석燃料의 대량연소로 인한 大氣圈의 CO<sub>2</sub>의 연간 0.23%의 증가가 결과적으로 環境의 重大한 變化를 가져올 수 있다고 지적했다. 이 보고서는 또한 화석연료 消費率이 계속 증가하고 있으며, 이러한 추세로 나간다면 서기 2000년에는 大氣圈의 CO<sub>2</sub> 성분이 현재보다 14내지 30% 가량 증가하는 事態가 發生하게 되어 地球上의 氣溫을 상당히 變化시키는 결과를 가져올 것으로 예상된다.

環境의 化學的인 汚染은 産業社會의 확장으로 인하여 불가피하게 생기게 되는데, 이 문제는 우리의 物質的인 活水準의 向上과 密接·不可分の 關係를 맺고 있기 때문에 최소한도로 우리생

活에 대한 制約을 가하면서 效率的으로 對策을 강구하지 않으면 아니된다는 모순을 內包하고 있는 어려운 문제이다.

인간에 의한 環境의 毀損은 열거할 수 없을 정도로 허다하다. 예를 들면 ferrous metal인 銹鐵의 生産은 1820년으로 부터 1947년 사이에 100배(1백만톤에서 9천 8백만톤으로) 증가했는데, 좀더 새로운 産物로서 環境內에 오래 견딜 수 있는 알루미늄의 생산은 1890년의 62,000 파운드에서 1963년의 46億 파운드로 急成長했다. 알루미늄으로 만든 맥주장통은 朱錫으로도 금한 쇠장통처럼 녹슬어버리지도 않으며 退化되지도 않은채로 남아있게 된다. 또한 1963년의 미국 콘크리트 생산은 4,070億파운드였는데, 이것과 철근이 합쳐져서 現代社會의 基本的인 建築物를 세울 수 있게되고, 아울러 4만여 마일(64,000 km) 이상이나 되는 편리하며 또한 시간을 절약할 수 있는 超高速道路의 개발을 가능하게 해주었다. 그러나 鐵이 含有된 콘크리트는 이것을 除去하는 것보다 좀더 빠른 速度로 環境內에 침투되어 高速道路의 建造는 150만 에이커(18億坪) 이상의 土地의 性質을 영구적으로 變化시키는 결과를 가져왔다.

우리가 直面하고 있는 플라스틱의 시대는 플라스틱 자체가 아직은 철이나 콘크리트 보다 일반적으로 덜 지속성이 있지만, 1968년 한해 동안에만 생산된 150億 파운드의 플라스틱 製品의 終末處理問題는 새로운 심각한 環境汚染의 하나로 대두되고 있다. 美國內의 合成有機化學物質의 생산은 과거 25년간에 약 12배 증가했으며, 현재는 연간 平均增加率이 약 10% 가량 된다.<sup>8)</sup> 이 속에 包含되는 것으로는 연료, 플라스틱, 可塑劑, 纖維, 유연제, 용매, 세척제, 페인트, 살충제, 식품첨가물 및 의약품등을 들 수 있다. 더 나아가서 매년 500種 이상의 潛在的으로 有毒한 여러가지 새로운 化學物質이 全世界의 大規模生産中에 있는 것으로 추정되므로 相當數가 이미 공기나 물을 통하여 環境內에 침투될 뿐만 아니라, 식품연쇄(food chain)를 통하여 直接 또는 間接的으로 人體內에 스며들게 된다. 世界保健機構의 한 보고서<sup>9)</sup>는 합성유기화학물질이 危險성이 없을 수도 있지만 有毒성이 있거나 發癌物質이 될수도 있다는 것을 지적했다.

그러므로 이러한 모든 합성유기화학물질의 環境內 分布, 消滅 및 潛在的으로 有害한 效果 등에

관한 것을 事前에 결정하여 이러한 물질들이 제대로 사용되어 環境의 質에 대하여 뜻하지 않은 變化를 가져오지 않도록 유의하는 것은 무엇보다도 중요한 일이다. 이 문제와 關聯하여 우리들이 現時點에서 할 수 있는 일은 물, 공기 및 식품속의 化學的 汚染의 許容水準에 대한 尺度 및 基準을 마련하는 일인데, 우리들의 계속적인 노력에도 불구하고 環境汚染을 全的으로 排除한다는 것은 거의 不可能한 일이지만, 이것을 許容基準 이하로 줄이는 일은 우리의 努力如何에 따라서는 얼마든지 가능한 일일 것이다. 왜냐하면 「Solution for pollution is dilution of varions pollutants in our environment」<sup>10)</sup> 라고 볼 수 있기 때문이다.

### Ⅲ. 大氣, 水質 및 土壤의 汚染

人間을 包含하는 地球上에 있는 모든 생물체의 生活領域을 生物圈(biosphere)이라 할 수 있는데, 이것은 大氣圈(atmosphere), 水域圈(hydrosphere) 및 岩石圈(lithosphere) 또는 地球圈(geosphere) 등을 包含하는 광범위한 영역으로서, 大氣圈의 下位部分, 最大深度(10,863 m)에 까지 이르는 岩石圈으로서 박테리아가 석유매장량과의 관계에서 서식할 수 있다고 추정되는 地域을 包含한다.<sup>11)</sup>

地球의 表皮에는 다양한 動物, 植物, 真菌류(fungus), 박테리아 및 기타의 무수한 생물로 가득차 있다. 生物圈은 그 물리적 또 화학적인 特性에 있어서 거의 不變하고 있기 때문에 생물의 生存에 적합하다. 지구의 크기, 引力, 회전속도 및 太陽으로부터의 거리는 論論 岩石, 海洋 및 大氣의 化學的인 成分은 생물이 그 속에서 繁盛할 수 있도록 미묘한 균형을 유지하고 있다. 이러한 균형이 약간만 벗어나게 되면, 우리가 알고 있는 생물은 대부분 滅種하게 될 것이다.<sup>12)</sup>

生物圈의 성질과 생물상호간의 相關關係는 대체로 지구의 물리적 特性에 의하여 결정되는데, 지구의 陸地部分을 지구권 또는 암석권이라 稱하며 생물은 引力, 潮水, 無重力, 磁場, 리듬 및 光周性(photoperiodism) 등의 물리적인 환경에 의하여 影響을 받으며, 대부분의 綠色植物은 土(soil)의 化學的인 成分에 密接하게 의존하고 있다. 토양이 함유하고 있는 비소, 불소, 셀레늄등의 원소

와 카드뮴, 구리, 크로뮴, 납 및 수은등의 重金屬은 生物의 環境에 지대한 影響을 미치고 있다.<sup>13)</sup>

水域圈과 大氣圈도 생물의 생존과 不可分의 관계에 있다. 물은 경제적, 문화적, 그리고 생물학적으로 地球上에 있는 가장 유용한 自然資源이다. 우리는 물을 마시며, 배출하며, 목욕을 하며 또한 휴양을 하기도 한다. 물은 無限한 것처럼 생각되지만, 使用할 수 있는 물의 不公平한 分布는 이를 必要로 하는 지역에 있어서의 河川이나 湖水의 水質(quality of water)은 化學物質 및 人間의 汚物로 汚染이 심해져서 생물의 자연적인 生活條件을 방해하고 인간의 건강을 위협하고 있다.<sup>14)</sup>

공기는 물과 함께 지구상의 생물에게 없어서는 아니되는 것으로 동물에게는 必要한 산소의 供給源이며, 植物에게는 불가결한 CO<sub>2</sub>를 제공해 준다. 공기는 水分의 유통체계의 역할을 하며 지구의 주위를 둘러싸고 있는 투명한 幕으로서 만일 공기가 없다면, 赤道의 溫度가 낮에는 180 F(82 °C)로 올라가고 밤에는 반대로 -220 F(-140 °C)까지 내려가게 될 것이며, 지구의 表面은 달처럼 不毛해질 것이다.

바다위의 맑은 건조한 공기는 질량으로 78%의 질소가스, 21%의 산소, 1%의 아르곤 및 0.03%의 CO<sub>2</sub>와 기타의 미량의 기체들을 包含하고 있는데, 後者는 대기중에 점유하고 있는 比率에 따라 열거하면 메온, 헬륨, 메탄, 크립톤, SO<sub>2</sub>, 수소, 산화유황, 크세논, 오존, NO<sub>2</sub>, 옥소, 암모니아 및 CO등을 包含하게 된다.<sup>15)</sup>

공기는 가장 많이 사용되고 또한 남용되고 있는 우리의 自然環境이다. 산업체, 차량 및 家內的인 여러가지 活動등에 의하여 大氣圈에 대한 심한 모독을 인간은 나날이 증가시키고 있는데 우리가 記憶해야 할 것은 공기가 有限하다는 것이다. 그 必要性이 증가한다고 해서 마음대로 製造하거나 再生할 수도 없다.

공기는 우리에게 가장 貴重하면서도 被害에 약한 資源이다. 바다속에 살고 있는 동물이나 식물까지도 大氣圈으로부터 용해된 가스에 의존하고 있으며, 나날이 증가하고 있는 대기에 대한 濫用은 유독한 냄새 분진 및 매연등으로 汚染된 地域에 있는 動·植物의 생명에 대한 위협이 되고 있으며 인간의 건강에 대한 危害가 되고 있다.

大氣汚染은 대기중에 유해한 가스, 液体 또는 고체가 存在하는 것으로 여러가지 形態의 大氣汚

污染源이 있지만, 다음과 같은 5개의 形態가 가장 重要하다.<sup>16)</sup>

첫째는 미립자 (particulate matter) 로서 대기 중에 떠있는 고체 및 액체의 연무질 (aerosols) 로 構成되며, 주로 石炭의 연소 및 産業工程過程에서 생긴다. 미립자는 視界가 줄어들게 하며, 建築資料의 침식을 촉진하며, 금속을 부식하며, 인간의 호흡기관에 장애를 가져오며, 身體內에 납과 같은 有毒物質이 침입하게 한다. 대기속에 가라앉을 수 없는 작은 미립자는 특히 해로우며, 미립자의 흡입으로 생기는 질병은 만성기관지염, 기관지천식, 협심증 및 폐암등을 包含한다. 납 및 asbestos 와 같은 일정한 形態의 미립자는 특히 毒性이 있다.

둘째는 산화유황 (sulfur oxide) 으로서 이것도 주로 石炭의 연소 및 産業공정과정에서 발생한다. 이러한 산화물의 酸性은 材料, 채소류 (농작물 포함) 및 인간의 호흡기관에 해를 가져오며, ppm 의 불과 10분의 1 수준도 질병이나 死亡率을 크게 증가시킬 수 있다.

셋째는 일산화탄소 (carbon monoxide) 로서 주로 휘발유로 작동하는 車輪의 排氣로부터 생기며 2차적으로는 産業공정과정에서 생긴다. 血液內的 hemoglobin 은 산소에 대한 것보다 CO에 대하여 좀더 強力한 親和力을 갖고 있으며, hemoglobin 은 CO와 결합하여 身體의 組織에 보다 적은 산소를 운반하게 되므로 CO의 높은 농축도는 건강에 대한 副作用과 死亡까지도 가져오게 된다.

심장병환자는 이러한 건강에 대한 부작용에 특히 민감하다.

넷째는 수화탄소 (hydrocarbons) 로서 이것도 주로 휘발유작동車輪 및 産業공정과정에서 생긴다. 다른 것과 비교할때 毒性은 많지 않지만, 광화학적 매연 (photochemical smog) 을 가져오는 주요한 원인이 되며 눈병이 생기게 한다.

끝으로 산화질소 (nitrogen oxide) 는 자동차의 기관, 발전소 및 기타의 연료사용에서 발생하는 것과 같은 高溫燃焼에서 주로 생긴다. 이러한 氧化物은 大氣中에 있는 질소 및 산소가스의 反應에 의하여 생기는 것으로서, 높은 수준에 있어서는 해로운 生理學的 作用을 하며, 降雨量內的 지나친 酸性의 發生 및 光化學的 煤煙의 主原因의 하나가 된다.

대기오염을 가져오는 煤煙 (smog) 에는 London 식의 공장굴뚝에서 생기는 傳統的인 매연과

자동차의 排氣로 생기는 Los Angeles 식의 광화학적 매연의 2개 形態가 있는데<sup>17)</sup> 특히 한 London 식 매연은 아침 일찌기 그 절정에 이른다.

비교적 낮은 溫度와 높은 습도에서 발생하며 방사선의 전도 (inversion) 가 일어나서 미립자 및 유황의 氧化物로 汚染된 대기가 化學的으로 變化된다. London 식 매연의 가장 현저한 생리학적 현상은 기관지질환이다.

광화학적 Los Angeles 식 매연은 정오부터 오후 1時頃에 그 절정에 이르며, 특히 高溫과 비교적 낮은 습도를 가진 맑은 날에 발생하는데, 자동차의 배기에서 주로 배출되는 수화탄소 및 질소산화물의 複雜한 混合物에 대한 太陽光線의 작용에 의하여 생기는 Ozone 과 peroxy acetyl nitrate 와 같은 化合物의 存在로 인하여 대기권이 화학적으로 산화되는 점에 있어서 전통적인 매연과 根本的으로 다르다.

대기오염원에 대한 經濟的 效果를 正確하게 評價하는 것은 대단히 어려운 일이지만 莫大한 것으로 예상되며 담배와 같은 植物은 광화학적 매연으로 생기는 오존의 被害에 대하여 대단히 민감하다. 미국내에서만 農作物에 대한 대기오염의 피해는 연간 5億 달러에 달하고 있는 것으로 추정된다.<sup>18)</sup>

수질에 대한 인간의 初期의 關心事는 질병의 微生物學적 原因을 규명하고 티프스, 콜레라, 살모넬라, 세균성 성홍열, 및 간염등의 전염에 있어서의 浮遊性 病原菌의 역할을 파악하려는데 있었다.

오늘날 高度로 發達한 물의 處理方法은 대장균과 같은 지표생물체 (indicator organisms) 의 양적집계에 의하여 흔히 결정되는 박테리아 오염과 관계된 물의 순수성을 유지하려는데 있으며 물의 맛과 냄새, 위생성 및 혼탁과 關聯하여 水質의 最少限度基準을 보전하려는데 있다.

가스 색층분석 (chromatography) 과 같은 검색의 초민감방법의 最近開發은 産業廢水, 세척제 및 農藥등과 같은 micro chemical 오염원에 관한 관심을 증가시켰다. 理論的으로는 表面水 위에서 인간이 産出한 어떠한 물질의 分子의 相當數도 檢出해내는 것이 可能하지만, 실제로는 ppb (10億분의 1) 이나 ppt (1조분의 1) 와 같은 미량의 水質汚染源을 確認하려면 고도의 精密한 技術을 要한다. 가스 색층분석과 같은 방법으로 물속에서 100여종의 미량합성유기화학물질

을 검출해냈는데, 페놀, 치환벤진, 알디하이드, 케톤, 알콜, 크롬메칠, 에테르, 아세토페논, 디페닐에테르, 피리딘 및 기타의 질소기, 아질산, 산, 테트라린 및 프타린을 함유하는 수화탄소, 세척제, DDT나 알드린과 같은 살충제들이 이에 포함된다. 이러한 汚染物質의 대부분은 알려지지 않은 環境上의 危害를 주고 있으며, 水中生物體에 대한 그 毒性이 不充分하게 記述되어 있으며, 때로는 미관상으로도 바람직하지 않다.<sup>19)</sup>

원자력과 같은 産業用 冷却作業에서 생기는 地熱汚染(thermal pollution)은 燃料의 熱價値의 50% 이상이 冷却水內에 消散되지 않을 수 없기 때문에 漸次 증대한 관심사가 되고 있다. 거대한 원자로의 조작은 河川의 溫度를 25F까지 上乘시켜서 물의 산소량이 특히 減縮되므로 수중생물체에 심한 地熱效果를 주게 된다.<sup>20)</sup>

토양오염은 농약, 비료, 산업폐기물, 소금물, 방사선핵산, 그리고 콘크리트, 아스팔트, 주석, 철납, 알루미늄 및 폴리에틸린과 같은 좀더 영구적이며, 눈에 띄이게 나타나지 않는 오염원등에 의하여 심각해지고 있다. 固体廢棄物에 관한 것은 IV의 廢棄物處理에서 언급하기로 하고, 여기서는 농약과 비료에 의한 土壤汚染問題를 간단히 살펴 보겠다.

농약은 농작물과 토양자체에 가해지는 것으로서 중요한 오염의 원인이 된다. 토양내의 농약의 지속성은 그 본래적인 化學的 反應性, 水溶性, 및 각양각색의 有機物質을 最終적으로 代謝시킬 수 있는 能力을 가진 수천종의 토양미생물에 의한 生化學的 退化에 대한 민감성등에 따라 대단히 다양하다. 비소, 납, 구리 및 수은등을 함유하는 重金屬農藥은 토양의 생물학적 속성에 여러해 동안 影響을 미치게 되는 有毒한 汚染源이 된다는 것이 분명하다. 300餘種의 農藥化合物 및 그 分解物이 궁극적으로는 토양속에 침투되게 되는 生態業의 效果에 관해서는 아직도 연구해야할 과제들이 허다히 남아 있으며, 좀더 지속성이 있는 토양내의 農藥이 누수에 섞여서 식물에 섭취되는 과정에 관한 면밀한 검토가 必要할 것이다.

비료는 세계의 農地에 거의 편재되어 있지만 量的으로 多量使用하는 것이 나날이 증가하고 있는데, 예를 들면 1968년의 미국의 기본비료의 產出이 290億 파운드에 달했다.<sup>21)</sup> 비료의 主成分은 아질산 암모니아 및 인산, 암모니아, 포타슘염, 과린산염 등이지만, 철, 구리, 망간, 몰리브덴

및 코발트와 같은 부수적인 원소들도 상당량을 사용하고 있다. 과린산염(superphosphate) 비료는 비소, 보론, 불소 및 우라늄과 그 결과적인 방사능부패물과 같은 바람직하지 못한 원소의 미량을 함유하고 있다.

비료의 증가된 사용의 主要한 有害한 面은 누수속에 침투되어 들어가는데 있다. 예컨대 토양에 가해진 인산비료는 몇시간 안에 非水溶性 인산으로 變形되기 때문에 일반적으로 地下水속으로 스며들지 않을 수 있지만, 표면의 토양의 침식을 통해서 蓄積된 인산化合物이 침투됨으로서 水質汚染을 가져오는 것을 특히 유의해야할 것이다.

#### IV. 廢棄物處理

매일같이 거의 무한정한 양의 기체, 액체 및 고체폐기물이 산출되고 있는데, 이것은 생물체의 신진대사의 산물일수도 있으며 生物體의 副產物이나 技術 및 老朽化(obsolescence)의 부산물일 수도 있다. 미국내의 住民들에 의한 人間의 廢棄物은 7非론 이상의 液体汚物과 3.200億 파운드의 都市의 固体廢棄物이 매년 쏟아져 나오고 있는데, 그 중에는 480億個의 금속깡통, 260億個의 병과 통, 3천만톤의 종이 및 5천만대의 廢車등이 포함된다.<sup>22)</sup>

비록 이러한 물질의 대부분은 再利用 또는 再生시킬수 있지만, 固体廢棄物의 收集費用은 미국내에서만 연간 28億 달러에 달하며, 더 나아가서 이 문제의 重要性이 漸增하고 있으며 美觀上汚染의 主原因이 되고 있다.

고체폐기물은 쓰레기(분해될 수 있는 폐기물) 종이, 나무, 유리, 재, 분쇄된 고무, 버려진 기구 및 자동차, 농업폐기물, 광산폐기물 및 現代生活의 副產物로 버려진 기타의 物品등을 포함한다.

미국에 있어서는 이러한 廢棄物의 處理場의 반 이상이 空地 또는 덜지않은 쓰레기장이다. 위생적인 매립지(매일 흙으로 덮는 곳)의 比率이 증가하고 있지만, 폐기물의 10%는 소각로, 해양방기, 썩지먹이 및 기타의 중요치 않은 방법 등에 의하여 처리된다.

고체폐기물처리리의 主要費用은 폐기물의 수집 및 운반에 있으며, 처리비용과 비교하면 별로 중요하지 않은 要素이다. 좀더 나은 고체폐기물관리에 대한 2개의 주요한 接近方法은 出處減縮과 資源回復이다. 미국에 있어서는 고체폐기물의 양

및 부피의 異狀增加는 주로 「버리는 社會(throw-away society)의 傾向에 연유하고 있는데 이러한 傾向은 낭비된 자원과 에너지는 勿論 고체폐기물 증가에도 責任이 있다.<sup>23)</sup>

산업폐수의 처리는 生物學的으로 退化되지 않는 다양한 無機質과 合成有機質 汚染源의 출현으로 複雜해지고 있다. 용매, 오일, 플라스틱, 가소제(plasticizer), 철분 폐기물, 未處理 고체폐기물, 석탄산 및 다양한 製造工程過程에서 생긴 化學的인 誘導體들은 確因하기도 困難하며, 우리의 現存技術보다 좀더 나은 기술을 갖지 않고는 제거하기도 困難하다. 一部の 物質은 생물체에 대하여 대단히 毒性이 있다고 알려져 있지만, 汚染源으로서의 重要性은 잘알려져 있지 않다.

산업폐수를 처리하는 한 방법은 폐수를 땅속 깊이 주입하는 것인데, 이러한 방법으로 有毒物質을 처리하는 것은 表面水가 地下의 상당한 깊이까지 스며들 수 있으므로 地下水供給을 회복할 수 없을 정도로 오염시킬 可能性이 있을 뿐만 아니라, 지진의 결과로 깊은 암석층에 壓力을 가하여 갈라지게 할 수 있는 危險性이 있다.<sup>24)</sup>

오늘날과 같은 複雜한 社會에 있어서는, 모든 廢棄物이 더 이상 동일한 방법으로 처리될 수는 없다. 다양한 形態의 산업폐기물에 대하여 일정한 방법을 적용하지 않을 수 없기 때문에 가장 바람직한 방법을 폐기물의 성질에 따라 선정해야 할 것이다. 생물체 또는 이전에 생존했던 생물로부터 생긴 폐기물을 生物學的 廢棄物이라 稱하며 이러한 폐기물은 살아있지 않은 非生物學的 出處로부터 생기는 廢棄物處理와는 일반적으로 아주 相異하다.

생물학적 폐기물은 도시일반, 가죽공장, 종이공장, 식품제조공장, 도살장 및 방직공장등에서 생기며, 미생물학적 폐기물은 표면처리산업, 항공산업, 철관산업 및 인쇄업등에서 생기는데, 후자의 대부분은 흔히 「이미 사용한 化學物質(Spent Chemicals)」이라 할 수 있는 것을 工場廢水內에 排出한다. 폐수에 대한 法的規制의 方向도 바로 이러한 Spent Chemicals의 올바른 처리에 관하여 그 중점이 주어지고 있다.<sup>25)</sup>

사용되는 대부분의 화학물질은 물속에 녹을수 있는 물질이며, 水成溶液(aqueous solutions)으로서 증발하는 경우를 除外하고는 통상적인 물리적 분리방법으로는 결국 분리시킬 수 없게 된다. 물속에 용해되어 있는 어떠한 물질도 汚染源이라

할 수 있는데 특이한 산업폐수는 염산, 유산, 인산 및 불화수소등의 酸; 나트륨, 칼슘 및 암모니아 수산화물과 같은 鹽基; 시아나이드, 크로린 인산; 구리, 철, 마그네슘, 수은 및 크로뮴과 같은 금속; 중탄산나트륨, 염화포타슘, 탄산나트륨과 같은 염류; 벤진 및 에테르 같은 수화탄소용매; 4염화탄소와 같은 염화처리된 수화탄소등을 包含한다.

각 산업은 그 자체 특이한 排出方法을 갖고 있는데, 표면처리공장은 強力한 基本溶液, 산성溶液 및 크로뮴의 고도농축을 함유한 溶液을 다량 사용하고 있으며, 도금공장은 그 工程過程에서 산염기 및 구리염류와 시아나이드 화합물을 사용하고 있다. 산업체에 의하여 배출된 화학물질은 각 그 자체의 특성, 농축도, 술어 및 해로운 한계등을 갖고 있는데, 여러 국가들은 이미 오염원을 열거한 著作을 刊行하고, 생물체 및 산업에 대한 해로운 効果의 實驗을 행하고, 다양한 세계각지의 保健機關에 의하여 추천된 최대농축도를 제시하고 있다.<sup>26)</sup>

인간의 폐기물을 處理하는 生物學的 過程을 배설이라 稱하는데, 이것은 어떠한 形態로든지 살아있는 모든 생물체에서 일어나고 있다. 인간과 기타의 척추동물들을 体内로부터 除去하는 몇가지 배설기관을 갖고 있다. 사람에게서는 피부가 원하지 않는 수분, 염분 및 CO<sub>2</sub>를 제거하며; 폐가 CO<sub>2</sub>와 수분을 제거하며; 가장 중요한 解毒기관인 간이 담즙성분을 소화관속으로 흘러들어가게 하며; 신장이 血液을 정화하고 폐기물을 비노기관을 통하여 배출하며; 창자는 염분, 철분 및 지방질을 제거하며 소화할 수 없는 물질을 음식물 또는 신진대사과정에서 부적합한 물질로서 거부한다. 소화관 속의 배설물을 汚物이라 하며, 이것은 인간의 폐기물 중에 가장 부피가 큰 부분을 형성하는 내장의 박테리아로 주로 구성되어 있다. 인간의 성인에 의하여 매일 약 1리터반을 오물로 배설하는 오줌은 용해된 질소폐기물과 염분을 가진 물로 되어 있으며, 오줌은 또한 藥品과 기타의 異物質을 흘려보낸다.

농장동물 폐기물은 산소요구량(BOD)이 떠있는 固体物로 되어 있을때 높다. 비록 이러한 폐기물은 陸地위에 퍼질때는 貴重한 肥료가 되지만 이것이 水路로 가게되는 경우에는 바람직하지 않은 것이 될 수 있다. 거대한 가축은 몇사람의 인간에 相當한 BOD와 고체물을 産出할 수 있다.

소를 먹이는 場所나 칠면조농장과 같은 農場 동물의 巨大한 集中은 작은 도시에 상당하는 폐기물을 산출할 수 있다.<sup>27)</sup>

낮은 水準의 放射線廢棄物은 땅속에 묻을수 있지만, 높은 水準의 폐기물, 특히 原子力發電所에서 산출되고 있는 再生工場에서 분리된 核分裂廢棄物은 주요한 관심사가 되고 있다. 과거에는 이러한 폐기물(주로 原子武器의 開發로 생긴)을 液体의 形態로 지하에 묻었지만, 빈번하게 흘러나와 環境을 오염시켰으므로 현재에는 이러한 폐기물을 固体化시켜서 環境 및 人間으로부터 完全히 격리된 장소에 영구적으로 처리하고 있지만, 그러한 장소는 오늘날 용이하게 발견하기 힘드므로 방사선폐기물은 기타의 폐기물의 처리와 비교할 때 가장 어려운 문제중에 하나이다.<sup>28)</sup>

### V. 綜合科學的 接近方法

이상에서 살펴본 바와 같이 環境汚染의 解決策은 오염원의 多樣性과 複雜性은 勿論 우리 生活全般에 미치는 특수한 성격때문에 어느 한 分野의 知識과 技術에만 의존할 수 없다는 것을 알 수 있다. 이 문제와 關聯하여 最近에 歐美各國에서 環境問題의 해결을 위하여 新學問으로서 대두하고 있는 소위 環境學(Environmental Science)의 方法論을 導入하는 것은 相異한 環境오염의 效率的인 해결을 위하여 綜合科學的으로 接近함에 있어서 바람직한 指針이 될 수 있을 것이다.

環境學은 「人間을 둘러싸고 있는 대기, 토양수질, 에너지 및 生命체에 관한 모든 體系를 연구하는 學問」이라고 定義할 수 있는데, 이러한 정의에 따르면 環境學은 環境에 관한 相異한 水準에 있어서의 체계적인 理解를 목적으로 하는 모든 학문을 포함하여, 특히 氣象學, 地球物理學, 海洋學 및 生態學등의 학문에 관한 깊은 이해를 기초로 하여 物理學, 化學, 生物學 및 工學 등의 분야에서 발전된 모든 知識과 技術을 完全히 活用해야 하며, 아울러 社會學, 政治學, 行政學, 經濟學 및 法學등과 같은 社會科學分野의 知識을 必要로 한다. 環境體系는 再生可能資源(물, 원목, 물고기)의 유지; 再生不可能資源(燃料, 金屬, 種)의 保存, 自然的인 재난에 의한 影響(지진, 強風, 洪水)의 감소, 만성적 損失(침식, 가뭄, 함몰)의 제거, 인간에 의한 汚染(매연, 농약, 배

설물)의 排除 및 自然的汚染(알레르겐, 火山재 電磁騒音)의 해소등 廣範圍한 人間問題의 해결에 必要한 複雜한 節次등을 포함하고 있다.<sup>29)</sup>

環境學은 最近 10여년 간에 歐美의 各國에서 새로운 學問의 영역으로 발전한 일종의 綜合科學으로서 環境問題에 대한 前例없는 一般 및 學界의 관심이 급격히 高潮된 것과 並行하는 것이다.

이 新學問의 構成部分을 形成하는 各種 學問分野는 이미 오래전부터 獨立된 학문으로서 발전되어온 것으로서, 예를들면 生物學, 化學, 物理學 및 地球物理學등과 密接한 關聯이 있다. 그러므로 環境學이 獨立된 학문으로서의 新規性을 갖기 위해서는 環境문제를 다양한 關聯學問分野에서 얻은 발견이나 結論을 기초로 하여 体系的으로 연구할 수 있는 方法論을 樹立해야 하며, 아울러 環境문제가 단순히 一國家의 國內問題로 국한되는 것이 아니라 「하나 밖에 없는 地球」<sup>30)</sup>를 保全하기 위해서는 우리의 努力을 國際的인 次元에서도 傾注해야 하는 문제로서 世界的으로도 重大한 관심사가 되고 있다는 점에 유의하여 多角的인 方法으로 이 問題를 해결하도록 努力해야 할 것이다.

環境學의 구성부분의 일부가 되는 생물학, 화학, 물리학 및 지구과학등과 같은 學問分野는 이미 오래전부터 獨自的으로 발전되어온 것이지만, 새로 등장한 環境學과 같은 지구전체의 생물학적, 화학적, 물리학적 현상을 體系化함에 있어서 地球科學과 같은 全體的인 方法論(total system approach)을 導入하기 위하여 다른 學問分野로부터 部分的으로 必要에 따라 借用해온 것이라할 수 있다. 따라서 環境學과 같은 다양한 關聯學問分野로부터의 理論的인 借用에 의하여 비로서 成立이 가능한 학문은 구성부분이 될 수 있는 학문분야만을 살펴볼 때는 하나도 새로운 것이 없지만 環境學이 다른 傳統學問의 영역과 相異한 特色은 지구상의 여러가지 문제들을 파악하려는 觀點(viewpoint)이 새롭다는데 있으며, 地球的인 問題에 관한 오리엔테이션, 지구를 일련의 相關關係가 있으며 相互作用을 하는 全體的인 體系로 概念定立을 하고 인간에 관한 문제를 이 體系의 一部로 파악하려는데 있을 것이다.<sup>31)</sup>

環境學의 方法論을 도입하여 環境汚染의 범위를 설정해보면 다음과 같이 區分될 수 있을 것이다.

첫째로 大氣汚染을 들 수 있는데, 이를 편의상



再區分하면 ① 氣象學 및 氣候學의 관점에서 본 대기오염, ② 産業排出物과 傳統的 의미에 있어서의 매연, ③ 자동차배기 및 광화학적 매연(photochemical smog) 등을 들 수 있다.

둘째로 水質汚染인데, 이것은 또한 ① 都市一般과 ② 産業체에 의한 오염으로 兩分해야 할 것이다.

셋째로 土壤汚染과 관련하여 ① 農業과 農業의 인 汚染, ② 固体廢棄物에 관한 것으로 兩分해야 할 것이다.

넷째로 소음, 地熱, 방사선, 중금속, 食品, 醫藥品 및 化粧品 등에 의하여 人體內에 생길수 있는 内部的인 環境汚染에 관한 것을 包含시켜야 할 것이다.

끝으로 환경오염의 종류 또는 범위에는 直接 包含되지 않지만, 환경오염을 가져오는 主要原因으로 看做할 수 있는 人口, 생산 및 消費增加<sup>32)</sup>와 그 相關關係에 관한 것을 檢討해야 하며, 환경오염의 처리에 관한 經濟的 法的인 補完策을 강구해야 할 것이다.<sup>33)</sup>

환경오염의 問題는 科學技術만으로 해결될 수 있는 성질을 가진 單純한 문제가 아니다. 서울시 내의 大氣오염을 深化시키고 있는 자동차배기문제도 乘用車에 배기필터나 카브레이타 또는 머플러에 특수한 조절장치의 부착을 강행하여 完全煙癆를 기한다고 해도 燃料 자체가 제대로 脫黃이 되어있지 않을 때는 實効性을 기할 수 없다는 것은 우리가 너무나 잘 알고 있는 事實인데, 이러한 문제를 効率的으로 解決하기 위해서는 技術的, 經濟的, 法的 및 社會的인 모든 与件이 현실적으로 符合되지 않으면 아니된다. 다시 말하면, 자동차배기문제를 有效하게 管理할 수 있는 技術이 開發되어 있는 경우에도 그 費用이 지나치게 들기 때문에 자동차메이커가 經濟的인 理由 때문에 協助하지 않으며, 法執行機關도 이를 무리하게 強行하는 것이 社會正義에 어긋난다고 判斷하여 자꾸만 뒷전으로 미루게 된다면, 자동차배기문제의 해결은 언제까지나 未解決狀態로 남아있게 될 것이다.

이러한 觀點에서 볼 때 環境學은 環境汚染이라는 實際問題의 解決을 위해서 必要한 實用的인 學問인 동시에 強力한 政策的인 뒷받침과 社會自體가 이러한 문제들의 早期解決을 바라는 積極的인 協助와 지원없이 無意味한 理論의 展開에 불과하게 될 可能性을 다분히 지니고 있는 學問分野라고 할 수 있다.

## 註記 및 參考文獻

- 1) Robert L. Metcalf, "Outline of Environmental Sciences," In *Advances in Environmental Sciences*, edited by James N. Pitts, Jr. and Robert L. Metcalf, vol. 1. (New York: Wiley - Interscience, 1969), pp. 1~2.
- 2) Lanrent Hodges, *Environmental Pollution*, 2d ed. (New York: Holt, Rinehart and Winston, 1977), pp. 4.
- 3) Ibid. 「불리한 變更」을 가져온다함은 에너지의 양산, 방사선의 水準, 생물체의 화학적, 물리적 구성부분에 대한 直接 또는 間接的인 變化의 結果로 우리 周邊의 환경에 대한 汚染을 가져온다는 것을 의미한다.
- 4) Metcalf, op.cit., p.3.; See also Charles H. Sonthwick, *Ecology and the Quality of our Environment*, 2d ed. (New York: D. Van Nostrand Co., 1976) pp. 240~261.
- 5) metcalf, ibid., pp. 3~5
- 6) President's Science Advisory Committee (The White House), *Restoring the Quality of our Environment*. (Washington: U.S. Government Printing Office 1965).
- 7) CO<sub>2</sub>의 大氣圈內 증가는 기온을 상승 또는 하강시킨다는 兩說이 있는데, 前者의 說에 따르면 平常氣溫이 5℃ 이상 상승하게 되는 경우 極地의 氷山이 전부 녹아버려서 New York 을 비롯한 지구상의 대부분의 주요한 港口都市들이 바다속에 잠기게 될 것이라 한다.  
Kenneth E. Maxwell, *Environment of Life*. (Encino, Calif.; Dickenson Publishing Co., 1973), p. 121.
- 8) *Chemical and Engineering News*. (September 2, 1968)
- 9) World Health Organization, *Microchemical Pollution in the Environment*, WHO/PA/110.63, Geneva (March 18 1963)
- 10) Maxwell, op. cit., p. 25
- 11) McGraw-Hill Encyclopedia of Environ-

mental Science. (New York; McGraw-Hill Book Co., 1974), p. 64.

12) Maxwell, op.cit., p. 3.

13) Ibid., pp. 13 ~ 23, 31 ~ 56.

14) Ibid., pp. 61.

15) Ibid., pp. 115 ~ 116.

16) Hodges, op. cit., pp. 70 ~ 71.

17) P.A. Leighton, The Photochemistry of Pollution. (New York; Academic Press, 1961); Metcalf, op. cit., pp. 8 ~ 11

18) U.S. Department of Health, Education, and Welfare, The Effects of Air Pollution, U.S. P.H.S. Publication 1556(1966)

19) Metcalf, op. cit., p. 13.

20) Metcalf, ibid., p. 14.

21) Ibid., p. 16.

22) Ibid., pp. 17 ~ 18.

23) Hodges, op. cit., pp. 299 ~ 300

24) Maxwell, op. cit., p. 73.

25) Edmund B. Besselièvre and Max Schwartz, The Treatment of Industrial Wastes, 2d ed. (Tokyo: McGraw-Hill Kogakusha. Ltd., 1976) (International Student edition), p. 151.

26) Ibid., pp. 152 ~ 153.

27) Hodges, op. cit., p. 245

28) Ibid., pp. 349, 356.

29) In the words of the National Science Board of the National Science Foundation, in its report to the president entitled, "Environmental Science - Challenges for the Seventies." (Washington: superintendent of Documents, U. S. Government Printing Office, 1971), pp. vii ~ viii.

30) 「Only One Earth」라는 슬로우전은 1972년 6월 5일에 스톡홀름에서 열렸던 國際聯合人間環境會議 (United Nations Seminar on Human Environment)에서 내세운 것으로서, 이 회의에서는 세계적인 환경문제 해결을 위한 原則으로서 26개항의 人間環境宣言을 採擇했다.

31) Arthur N. Strahler and Alan N. Strahler, Environmental Geoscience: Interaction between Natural Systems and Man (Santa Barbara, Calif.: Hamilton Publishing Co., 1973), P. V.

32) 예컨대 再生不可能資源, 특히 광물 및 화석 연료 (석탄 또는 석유)의 消費增加는 이러한 資源의 추출, 工程 및 消費의 全過程에 있어서 우리의 環境汚染 및 自然의 毀損問題와 密接한 關聯이 있음을 유의해야 할 것이다.

33) Hodges, op. cit., pp. 22 ~ 444 參照