

日本當前公害防止技術之展望

詹玉分*

一、前　　言

在日本，初期之公害防止技術，由於必須因應法規的急速嚴格化以及地區或居民的強烈要求，而無充裕的時間加以全面的檢討，以致不得不以稍欠合理、正確的技術或由長期的觀點而言並不甚完善的技術來因應當時的公害問題。其後由於各方面有關人員之努力，累積各種經驗結果，漸漸有了真正成熟的公害防止技術，目前日本已推展出在世界上亦堪稱高水準之穩定技術。

公害問題可稱已越過山嶺，公害防止技術已極為普遍化，當前大家所關心之技術上問題，或許將轉移到能源等新課題，然而公害問題絕非一時的事情，今後仍應為最優先加以解決之問題。一旦盼望產業能有確實的發展，生活能够多一層進步，則今後非加倍推展公害防止及以確保安全等技術為前提不可。

曾被污染的環境，如今仍遲遲未能恢復，其殘留之污染物質令環境基準一直無法如願達成，此乃現實之間題，況且更有新公害問題發生之可能性。面臨全球性之環境保護問題，對於公害防治技術之開發與推展，把握公害現狀，探討公害現狀，發生源之防止以及事前預測等之廣泛問題，目前皆寄予極大之期望與關心。

公害防止技術之當前課題，通常為提高現已開發之各種技術，關於此點，一般皆由節省能源及經濟觀點加以探討。為因應污染負荷量增加之潛在性所設的裝置，以及為增加機器效率之技術改善或開發，皆在不斷進步之中。

當前特受重視之課題，為能源情勢之變化，伴隨着煤炭之擴大利用，而必須加以處理之公害防治，以及對封閉性水域的富營養化（eutrophication）之減低，或解決赤潮發生等有關防止水質污濁之課題。其他有如確立化學物質之安全性，或廢棄物處理技術等種種課題。總之，目前在日本國立研究機構所實施之各種有關公害防止的研究，幾可代表當前之重要技術課題。

二、確立較高級之公害防止技術

開發公害防治技術之目的，無非要免除現有發生之公害現象，或使之減至最小程度，並要進而防止公害於未然，期能維持所盼望的環境品質，以確保人類健康與文明生活。

目前所開發之公害防治技術，依各種用途，種類繁多，但基於公害防止，在技術上必須提高可靠性、融通性及多元性，俾為經濟性或合理性之評估，並需能够減少操作之困難，期能成為真正實用化之技術。為達成下列目標，非進一步高級化不可。因此必要之技術開發課題自然增多。

* 臺灣電力公司環境保護委員會

- (1)增加去除或防止污染物質之效率。
- (2)處理之穩定化。
- (3)裝置設備之小型化或縮小所需面積。
- (4)擴大對象物質。
- (5)擴大適用規模，尤其是小規模發生源對策。
- (6)緩和處理條件。
- (7)保養維護之簡易化及自動化。
- (8)節省資材。
- (9)節省能源。
- (10)降低處理成本。
- (11)增進安全性。
- (12)防止二次公害。
- (13)副產品之低減及資源化。
- (14)附屬技術之正確配合及系統化。
- (15)監測及預測技術之高度精密化。
- (16)監測等之標準化與統一化。
- (17)監視之正確化。

三、擴大煤炭利用所伴生之課題

石油之替代能源，當前以煤炭為主，其利用有急速擴大之趨勢，因而所伴生的公害問題，主要有空氣污染問題及煤炭之處理等。

(1)防止空氣污染

由煤炭所產生之空氣污染問題，分煤炭利用前及利用時二階段，而以燃燒過程所發生者為最主要，為了防止此種污染與降低污染，應有煤炭儲運時之污染防治對策、改善燃燒方式與條件及排煙處理等技術之確立，及其高級化。其中尚未達到實用化，目前正在開發中之技術，仍然為數頗多。

利用煤炭作燃料時，首先在輸送、儲藏或運搬過程中必須防止煤塵之飛散，一般之地面儲煤場用洒水或擋風網等方法防止之。雖曾做過各種試驗以瞭解其效果，但對於儲煤倉方式、屋內儲煤方式或水中儲煤方式及將來大量利用、大規模化等更有檢討之必要，並需考慮場地條件及經濟性，以確立防止污染技術，因此機器及設備之研究發展成為主要課題之一。對於燃燒後煤灰運搬處理之粉塵飛散亦同。

有關煤炭利用前之處理，一般而言，是將煤炭中所含有之15—20%灰份先予除去，所謂煤炭之洗淨 (Coal Cleaning)，有物理方法與化學方法兩種，前者為利用比重、溶解性及磁性等物理性質，而將礦物質除去，即脫灰手續，同時亦可將硫化鐵 (Pyrite) 等無機硫化物除去，後者以除去硫化鐵之脫硫為主，而幾乎沒有脫灰效果，如利用空氣或氧氣之氧化處理法，或硫酸鐵水溶液溶出法等，尚在研究之中。至於希望在煤炭洗淨中也將氮元素 (Nitrogen) 除去，實為困難。

然而脫灰技術若能實用化，則能改善燃燒之安定性，亦可減少過剩空氣量，如此則有減低燃燒氮氧化物 (Thermal NO_x) 之效果。

上述諸種技術，除了提高素來之選煤技術之外，其他皆尚未達到實用的階段，盼望今後能更加努力以促進各技術之開發。

煤炭利用，主要做為燃燒之能源，煤炭燃燒所伴生之硫氧化物、氮氧化物及灰等之產生量與石油之燃燒相較多出很多。此乃煤炭中之硫份、氮份、灰份含量較石油為多，況且煤炭與石油相比，因其單位發熱量較低之故，欲得相同熱量所需之燃料約需增加60%，並且為了提高燃燒效率，需增加過剩空氣量，結果其排煙量約增加20%，因此非提高燃燒技術或排煙處理技術不可。

有關煤炭之燃燒方式，目前最具有發展潛力者為流動床燃燒技術。(Fluidized Bed Combustion) 此種方法與細粉煤燃燒法相比，因不受煤炭種類之限制，並有使用粗粉煤之可能，其燃燒溫度僅為750°—900°C，而有容易控制燃燒氮氧化物之優點，對燃燒過程之污染物減低化技術之發展上頗有希望。煤炭中之硫份，係利用添加石灰石或白雲石 (Dolomite) 為流動媒體，而在燃燒中去除，依各種條件之不同其脫硫率有可能達到90%以上，且對於氮氧化物之抑制亦有效果，因此開發此種技術使之實用化乃為當前之急務。

減少氮氧化物之形成，通常可由減低燃燒溫度、抑制過剩空氣量及縮短高溫域滯留時間以達成。目前正想採用增加爐管面積、煙氣再循環、二段燃燒法及在燃燒部注水等方法之適當配合，以減少氮氧化物之產生，現時期已進入實用階段之技術，可使氮氧化物之排放濃度在 170~180 ppm 之程度，更進一步減低之技術，正在研究開發之中。

至於燃燒後之排煙處理，在排煙脫硫方面，仍以石灰石—石膏法為主流，技術上維持90%以上之脫硫率已有可能。但在使用煤炭時，因受煤渣附着及氟素之影響，而使效率降低，並因有脫硫廢水處理等問題之存在，目前正在進行開發利用活性炭之乾式脫硫法，期望能夠達到與濕式法同樣之脫硫率。

現時已實用化之排煙脫硝裝置，主要為氨接觸還原法，此法係由燃用液化天然氣發電廠所謂之清淨排煙處理開始實用化，其後對於因煙塵或硫氧化物使觸媒劣化之問題，在技術上已能克服。又據燃用重油之排煙處理經驗，1981年起在燃煤電廠設置排煙處理，有相當好的實績。今後仍需開發高性能之觸媒，並在技術上更求發展。

至於煤灰之去除，通常以靜電集塵器為主，但在不設置脫硝裝置或在排煙中不預先去除塵粒之高含塵脫硝方式，皆採用低溫靜電集塵器。而在脫硝前先加除塵之低含塵脫硝方式，則採用高溫靜電集塵器。不論何種情況，排煙處理後之含塵濃度有可能達到 0.2~0.3 g/Nm³ 之程度，然後再經濕式排煙脫硫裝置，則排煙中含塵濃度可減低至 0.03~0.05 g/Nm³。在煤炭的情況，對不受煤炭種類影響之濾袋式除塵器及濕式除塵技術，有加以研究之必要。

排煙處理，通常需要處理二種以上之污染物質，因此依情況需要，而將上述之裝置加以組合運用，依煤炭種類、燃燒方式、或廠地條件之不同，以選擇最適當之排煙處理系統，亦有必要反覆施行實用化試驗。煤炭中之元素成份比石油中之成份種類較多，重金屬含量方面，除了鉻 (Vanadium) 之外，通常亦較在石油中為多，此等物質，經靜電集塵器或濕式脫硫裝置之後，與煤灰相同約可除去99%之程度，但汞 (Mercury) 則以無機汞蒸氣型態，砷 (Arsenic) 之氧化物則昇華而排放至大氣之中。依目前所知，此類物質尚不致於影響人類之健康，但今後應對其在環

境中之動態，加以綜合研討，並開發正確之評價技術。

其他，在煤炭燃燒中，生成致癌性多環芳香族碳氫化合物或鹵素之類物質之排放，皆有可能較在石油之情況時為多。此等物質在排煙處理過程中，大部份皆可除去，但對於未燃燒炭素之特性，為今後要加以研討之課題。

(2) 煤灰之處理

煤炭中之灰份，除了在燃燒中會生成煤灰之外，可由煤炭之洗淨以去除。由煤炭之氣化，或液化所剩餘之殘渣，或在高爐操作中生成浮渣而排出，其中量最多者為鍋爐燃燒所生成的煤灰，有積於爐底之灰渣及集塵器中之飛灰，必須以產業廢棄物處理，其處置已成為一個大問題。

在日本煤灰之產生量於 1978 年即已超過 200 萬噸，由於煤炭之擴大利用，必將伴生龐大之煤灰產生，已極明顯。煤灰之利用率在目前只有 20—30% 程度，大約半數係利用為水泥之原料，一部份則用於土地改良或坑道封閉之用，或用於廣場之鋪設，但大部份皆以填土處理。

煤灰依燃燒方式之不同，其形狀或粒度等物理性狀亦異，飛灰通常為 $60 \mu\text{m}\phi$ 以下，其化學組成係以矽土 (SiO_2) 及氧化鋁 (Al_2O_3) 為主，其他亦有鐵之氧化物或鉀、鈉、鈣、鎂等鹼金屬及少量之鹼土金屬。因此煤灰水溶液之 pH 約為 10，呈鹼性狀態。依煤種之不同，亦含有多種之微量重金屬。

對於煤灰之公害防止技術，除了抑制在搬運或處理時所產生之粉塵外，有效利用煤灰以及處置煤灰時之無害化處理，是為當前之大課題。有關煤灰之有效利用，最近正在進行多方面之研究開發，如人工輕質骨材或重質骨材之製造，使用浸出法做為窯業原料，製造矽酸鉀肥料或做為路基材料等之利用方式正在研討之中。如此種種雖非新鮮之課題，但今後有待技術開發之處仍然頗多。而對於填土處置時為防止有害成份之溶出，已在施行無害固化法之試驗。以上在場地方面或製品需要，及其經濟性問題，亦有一併檢討之必要。

(3) 其他

關於煤炭利用可能伴生之水污染問題，如儲煤場或事業場所之排水，濕式脫硫裝置之排水，煤灰之貯存或處理時之浸出水等問題，目前依廢水之不同，而有利用凝聚沉澱、吸着、或生物處理等之處理技術，但將來仍有需要確立一種效果良好之綜合廢水處理系統。

此外，在利用煤炭時，較利用石油所需要之土地為廣，土地及海域的改變亦大，如此種種對自然環境相伴而生之影響，亦非加以考慮不可。

四、防止富營養化 (Eutrophication) 之課題

在日本，對於水污染方面，有關 BOD, COD, SS 及重金屬類等污染物，已有大幅度之改善，然而對於湖沼、海灣及內海等閉鎖性水域，因營養鹽類如氮、磷之蓄積，而有富營養化問題之產生。為瞭解控制富營養化之現狀及將來之預測，已在進行調查排放源之負荷率，或制定處理技術之開發目標等計劃，而且依地域之不同，實施或計劃制定有關法規之中。

在技術方面，對造成富營養化之代表性物質，如氮、磷、COD 等，應防止其流入或將之去除等實用技術之開發，是一重要課題，如今已有多種方法皆在檢討之中。此等成因物質，大部份

係由家庭污水所帶來之問題為多，但食品工業、化學工業或畜產業等之產業廢水亦難辭其咎。

(1) 氮元素之去除

將廢水中之氮元素去除，雖然已有脫氨法 (Ammonia Stripping)、裂解法 (Break Point)、離子交換法、活性炭吸附法、臭氧氧化法、逆滲透法、凝聚沈澱法及生物脫氮法等技術之開發。除了生物脫氮法之外，因所欲去除之氮元素型態、去除效率及其去除過程之安定性、二次公害問題和經濟性等尚有頗多問題存在，因此目前尚無真確可行之技術成立。

氮元素之去除，目前係以生物脫氮法為主流，含於廢水中各種型態之氮元素，即氨氮、亞硝酸氮、硝酸氮及有機氮等皆可去除，最後以無二次公害之氮氣型態放出，而且對於原水之質與量的變動，依生物特有的緩衝作用，經處理後可得安定之水質，全氮量之去除率高而且穩定，其建設費與運轉費皆極具經濟性，最近在技術上亦有很顯著的進步，實際上已在實用階段。

然而依照最近研究開發的動向來看，有關技術仍有許多待改良之課題，即流入原水中之有機物可利用為脫氮時之有機碳來源，如此可減少脫碳槽之設置，並可節省有機碳之添加，亦可減少硝化槽之碱添加量，甚至可以免予添加。若設法增加硝化速度及脫氮速度，則可減小槽之容積，如上述諸問題仍有待研究開發。

已進入實用化之生物脫氮系統，有浮游式之硝化液循環型與硝化脫氮交互型，而在生物膜式中則有硝化液循環轉圓板型與硝化液循環接觸氧化型等，但無論何種型式皆為脫氮、硝化、再曝氣與沈澱等操作程序之組合，並各有其特徵及優缺點。

一般而言，浮游式適用於處理含有高濃度之 BOD 及氮元素的廢水，而基質濃度大抵一定的情況，但其運轉管理比生物膜方式困難，因此今後尚須再加以改良。

(2) 磷成份之去除

廢水中之偏磷酸鹽，聚磷酸鹽及有機磷等磷化合物之去除技術，當前有金屬鹽凝聚沈澱法，石灰凝聚沈澱法，金屬鹽凝聚浮上法，生物脫磷法，氧化池法，吸附法及逆滲透法等皆在研究之中。其中由運轉管理、經濟性及去除效率等加以研判，可靠性及普遍性較高者為凝聚沈澱及浮上處理法，但實績仍不多，今後有待技術開發之處尚多。

除了目前所使用的石灰、鋁系、及鐵系等金屬鹽凝聚劑之外，尚需進一步開發或選定較有效果之凝聚劑，並依各種廢水之不同而設定最適於凝聚之 pH 值及最適當之凝聚劑量，此外對於各種控制管理技術等皆有再予研究之必要。

五、當前日本國立機構研究公害防止之課題

公害防止技術之研究開發方面，對於大氣污染和水質污濁物質之排放的限制，廢棄物之合理處置及噪音、振動之減低等發生源之防止對策技術，在污染之測定，預報技術，環境污物反應過程之研析及對生態系之影響評估等早為廣泛研究之課題，由中央或地方之公共團體，以及民間之大學等學術研究機構積極聯繫共同研究之中。

就以日本國立研究機構所進行之課題觀之，1981年之公害防治技術研究之主要課題，全部分為10個項目，一共進行 117 個研究課題。以理工系分類，有下列 6 項計畫，共有 87 個課題實施研

究之中。

- (1)光化學煙霧等大氣複合污染之防治。
- (2)廢水處理之高級化。
- (3)瀨戶內海沿岸海域之污染防治。
- (4)廢棄物處理及資源化技術之研究。
- (5)噪音、振動之防止及評估。
- (6)環境污染物質有關測定技術之高級化。

第(1)項計畫，為防止固定及移動發生源等之大氣污染物質的排放，光化學反應機構及污染預測技術等共有12個研究課題。如最近的硝基比林(Nitropyrrine)之致癌性研究，又在法規上對於柴油車排氣之污染防治，亦有漸嚴之趨勢。由於燃燒煤炭所排放之灰塵及煙氣所呈不均勻系，促進光化學反應及其反應機構之解析；因燃料油之劣質化而導致需要淨化之措施；及實施環境評估所必要之實用污染預測方法之高精度化研究等，樣樣皆為當前之重要課題。

第(2)項計畫，對於有機化合物系廢水之高效率微生物處理，含有重金屬之廢水，鑛山系廢水之物理化學及電鍍工場廢水之氰化物去除等，共有17個課題，大都為較難處理之廢水，而求其高級化處理之研究，皆希望能夠早日獲得解決。

第(3)項計畫，對於大體上已系統化之海域廣泛而長期的污染預測，及利用生態系數學模式之工場廢水影響預測，底質污染及其淨化等，以及有關內灣底泥諸問題之探討，或防止大量流出油之擴散等油污染及港灣淨化為目標之13個課題，以圖恢復瀨戶內海之環境。此項研究與第(2)項計劃之研究及前述之富營養化防止對策之推動，大都有密切關係。

第(4)項計畫，有12個課題，其中有可稱為污染物質之污泥的處理，焚燒及再資源化利用等，尤其是煤灰之處理利用為一新開始而急於解決之課題。

第(5)項計畫，有關噪音、振動關係之10個課題，在防止公害之諸種技術之中，為感覺上之公害的要素居多，皆以難予進展之間問題之解決為目標。對於噪音源之減低技術；防止擴散技術；測定技術及預測評價技術之確立。噪音與心理、生理等關連事項，亦為重要之課題。

第(6)項計畫，公害測定技術之研究，在此一計劃之中，共有23個課題，存在環境中之污染物質極為微量，在測定分析上又要求極高之精確度及可靠性，而希望能夠開發出操作簡單之新方法，其有關課題頗多，此外如標準物質，點測定技術及污染監視方法等問題，在公害防治上亦為頗重要之課題。

六、結語

公害防止技術之開發，必須從去除發生源之污染物質開始，已獲得頗多成果，對於有效防止污染，扮演重要角色，僅考慮前述之當前重要課題，今後仍有不少需要繼續開發之技術上課題。況且該等問題之複雜性及困難至今仍無法解決。並為能源或在經濟上較為調和而需加予改善且急欲完成之間問題為尙多。

同時為了確立真正適當之公害防治技術，必須探討公害現象及污染生成機構，則需先累積很多有關污染物質防治的基礎研究成果，及包括自然條件等其他的相關數據，始能解決。此等問題想必絕非短期間所能解決。

尤其是為了達成公害防治之使命，即防患公害於未然，必須不排放污染因子，不使用導致污染之物質，及不製造污染物質為原則。各種製造程序必須轉換為無公害之程序，其轉換工作及開發無公害或低公害之製品與機器等已在進行之中，與此有關之技術，將為今後在各種產業上尚待解決或急需開發之課題。

對於節約能源之問題，為全世界所關心。煤炭之擴大利用為不變之決策，而對太陽、地熱、海洋等自然環境研究之動向亦極為活躍，並有許多計劃正在進行之中，在開發此等新能源之時，公害防止亦為不可或缺之技術，由於各種計劃之進行，自然將有種種公害防止之課題不斷產生。

最近關於環境問題，亦有許多是在全球的規模及站在長期性觀點而受到評論，譬如在大氣中由化石燃料之燃燒所伴生之二氧化碳(CO_2)濃度增加及由於有機氯化物使大氣層之臭氧(Ozone)破壞；在海洋中則有廣域的污濁現象及難分解性化學物質之蓄積等問題。因此今後之公害防治，並不局限於狹小地區亦不是片面的課題。而必須對綜合的、長期的課題詳加研討。

如今世界性之技術革新，有停滯之趨勢，但在日本，自稱以技術立國，為創造獨特之革新技術，在產業界、政府機構及學校等研究人員合作之下，對於基礎的、先端的研究頗為活躍。例如對超微粒子，特殊構造物質，微聚合物及完全結晶為主題等創造科學技術的推進制度之起步，以新材料，生物技術，新機能因子為主題，期望90年代開花之次世代產業，則需研究開發以確立不可缺的次世代產業之基盤技術。

依此研究所獲成果，與其他產業技術一樣，亦可應用於公害防治之各種工程。寄望由於許多技術與製品之進展，將可對於公害防止技術之革新引起飛躍之進步。

譯自 產業公害（日本）Vol. 18, No. 1, 1982 p. 26~30