

# 消除 氰 之 化 學 簡 論

侯 希 臨\* 吳 文 娟 譯\*\*

## 前 言

氰化物為劇毒性之物質，於自然界很多物質中均有氰化物之存在。侯希臨博士於1984年美國 Arizona 州舉辦之「氰化物與環境」研討會中，以「自然界存在之氰化物」為題，對自然存在之氰化物有所敘述，並對自然環境系統中氰化物之分解亦有詳盡之說明。此外，侯博士於1983年發表之報告「氰化物分解的化學原理 (The Chemistry of Cyanide Degradation)」中亦論及，藉各種不同之化學反應或生物反應以降低或去除氰化物的一些方法。目前國內對氰化物所造成之環境污染極為重視，譯者徵得侯博士之同意，將此兩篇報告中之主要論述與實例部份摘譯出來，盼能對國內工業界人士，於考慮氰化物之處理工作上有所助益。

### 自然中之氰化物

氰化物存在於很多物質中，在自然環境中易與動物接觸。自然界原始之氰化物與化學工業無關。很明顯地，氰化物存在於很多植物的果實與葉子中，亦可存在於動物之肝臟與糞便中。於荒野地區，CN 常存在於煤礦床之排水中。很多的食物是維他命 B<sub>12</sub> 的來源，cyanocobalamin 是一個 cyanocobalt 的配位組合化學物(1)：



明顯地，維他命 B<sub>12</sub> 亦含氰化物！很多植物中含 cyanogenetic glycoside，如桃、杏仁、李、梨子、櫻桃、蘋果、李子等。很多微生物能合成 cyanocobalamin；如 chlorella vulgaris (6.3 μg B<sub>12</sub>/100gm 淨重) 和酵母 (0.3 μg/gm 淨重)。薔薇科屬的各種類中，如月桂、由加利樹、linaria striata Dc 等全含有 glycoside prunasin，當水解時放出 D-glucose、HCN 和 benzaldehyde (1,2)。發芽的蜀黍種子中的 glycoside，叫做 Dhurrin，放出 D-glucose、HCN 和 P-hydroxybenzaldehyde。

蜀黍的嫩葉中也經常含有 Dhurrin。亞麻、青豆和很多的糧草作物如苜蓿，trefoil 在它們的組織中也含氰化物。一般認為酵素 β-glycosidase 水解組織而產生 HCN。（見表一）青

\* 國立成功大學教授

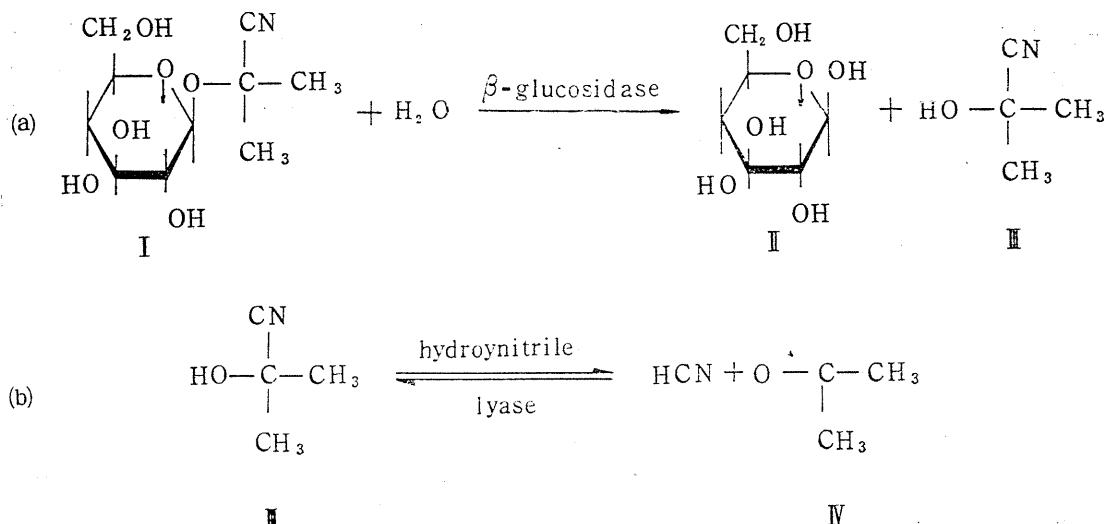
\*\* 衛生署環境保護局薦派專員

豆每 100g 中含有 10mg 的 HCN，就像 100g 的種子中含有 300mg 的 HCN。HCN 對未成年人的致死量是 50~250mg。連續的食用含有氰化物之食物會導致慢性的氰化物中毒，甚且可能失明。一些植物會產生 thiocyanate 或 nitrile。食用這些植物可能導致腿的痙攣性痺瘓 (lathyrism)。必須說明的是深咖啡色的蜀黍屬種子在萌芽時的 3~4 天內可能含有濃度 0.3~0.5% 之 HCN (乾燥時的重量)。更進一步地，甘薯、玉米、竹筍、埃及豆 (chick pea) 和青豆全部均可能產生 HCN。有如此多種的 cyanophytic 植物，當它們的 cyanoglucoside 生化分解時產生氰化物或 HCN。很明顯地，在水溶液中或環境中存在的 CN<sup>-</sup> 是自然的產物，實與工業製成或產生者無關。

表 1 Cyanogenetic Glycosides 的種類

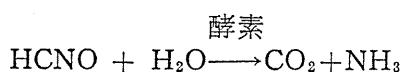
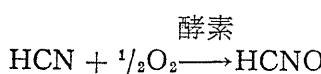
(摘自 E. E. Conn: "Cyanogenetic Glycosides", Chapter 14 of Toxicants Occurring Naturally in Foods, Nat. Acad. Sci., 1973)

Glycoside	Plant Source	Hydrolysis Products
Amygdalin	Members of the Rosaceae, including almond, apple, apricot, cherry, peach, pear, plum, quince.	Gentibiose + HCN + benzaldehyde
Prunasin	Members of the Rosaceae, including cherry laurel; Eucalyptus cladocalyx; Linaria striata Dc.	D-Glucose + HCN + benzaldehyde
Sambunigrin	Sambucus nigra L. (elderberry), Acacia sp. (Australian acacias)	D-Glucose + HCN + benzaldehyde
Vicianin	Vicia sp. (common vetch)	Vicianose + HCN + benzaldehyde
Dhurrin	Sorghum sp. (sorghums, Kaffir corns).	D-Glucose + HCN + p-hydroxybenzaldehyde
Taxiphyllin	Taxus sp.	D-Glucose + HCN + p-hydroxybenzaldehyde
Linamarin	Phaseolus lunatus L. (lima bean, many varieties); Linum usitatissimum L. (linen flax); Manihot sp. (cassava or manioc); Trifolium repens L. (white clover); Lotus sp. (trefoils); Dimorphotheca sp.	D-Glucose + HCN + acetone
Lotaustralin	Occurs with linamarin	D-Glucose + HCN + 2-butanone
Acacipetalin	Acacia sp. (South African acacias)	D-Glucose + dimethylketene cyanohydrin
Triglochinin'	Triglochin maritimum L. (arrow grass)	D-Glucose + HCN + triglochinic acid

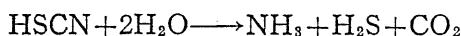


### 氰化物之分解

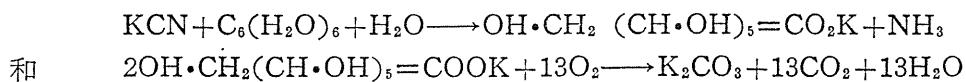
氰化物和 nitriles 以自然生物之去毒性方法已經 Howe(2,3), Nesbitt(4) 等人報導過。在有氧之水環境中，HCN 因生物和酵素之作用而被氧化並去除其毒性 (5,6)：



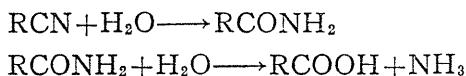
對 thiocyanide 而言，其是藉水分解的：



氰化物的鹽類與糖 (dextrose 或 glucose) 反應形成無毒性之化合物  $\alpha$ -glucoheptoic anhydride，放出  $\text{NH}_3$ 。 $\alpha$ -glucoheptoic anhydride 可進一步被水解或氧化。



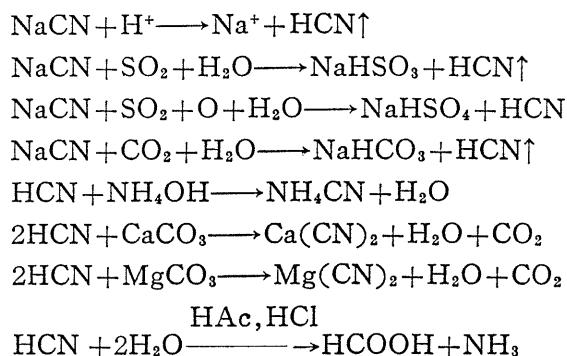
對複合的有機氰化物而言，分解後即開始水解。



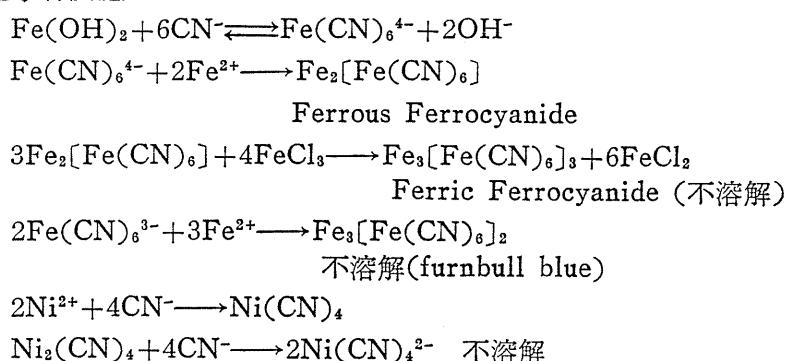
細菌新陳代謝的過程中，氰化物與脂肪酸、蛋白質、硫化物、醇類，mercaptocarboxylates 形成 glycine 等 (7,8)。

## 降低氯化物之化學反應

## 1. 酸化與中和：

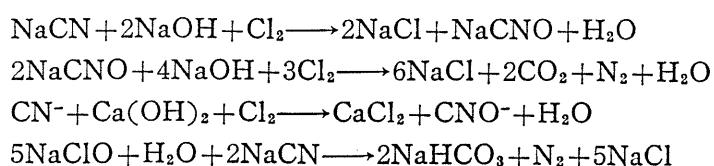


## 2. 組合化學物反應：

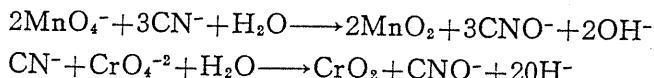


### 3. 氧化及還原反應：

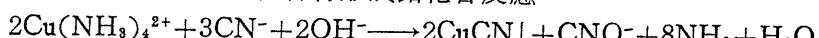
(a) 高濃度的氰化物在鹼性溶液中的氯化反應與次氯酸鹽的氧化反應：



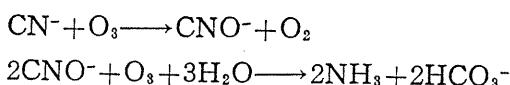
(b)高錳酸鹽和重鉻酸鹽的氧化反應：



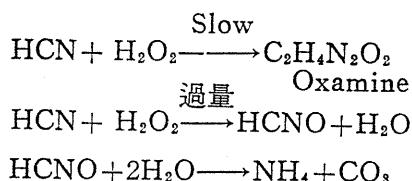
(c)與 copper-ammonia 錯化合物形成錯化合物反應：



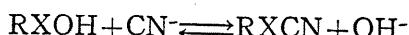
(d)臭氧反應：



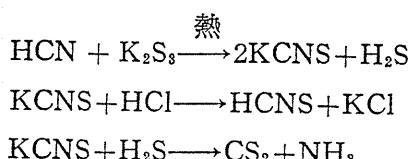
(e)過氧化物的氧化：



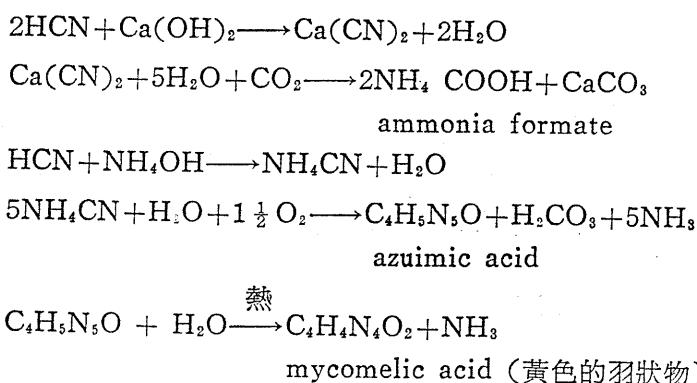
4.低濃度氰化物用離子交換法：



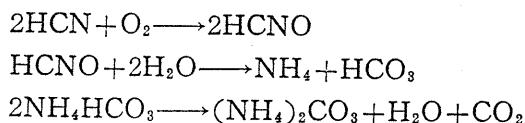
5.與多硫化合物 (polysulfide) 的反應：



6.與鹼性溶液的反應和分解：

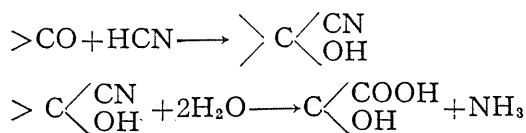


7.電解氧化作用：

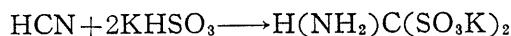


## 氯化物與有機化合物的反應

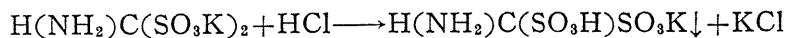
先進的化學家們已提及氯化物與有機化合物的化學反應。HCN 與醛類 ( $\text{R}^{\text{H}} \text{C=O}$ ) 和酮類 ( $\text{R}_2\text{C=O}$ ) 反應形成氫氧化腈 (HO-CN)。HO-CN 進而水解成氫氨酸。Williams(9) 提出 HCN 與化合物的羰基 (>CO) 水解而形成氫氨酸反應的報告 (產生 NH<sub>3</sub>)。



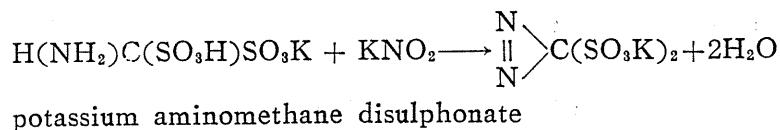
Williams 亦提出說明當 KCN 在水溶液中水解生成 HCN 並與 KHSO<sub>3</sub> 反應而形成 H(NH<sub>2</sub>)C(SO<sub>3</sub>K)<sub>2</sub>



當 H(NH<sub>2</sub>)C(SO<sub>3</sub>K)<sub>2</sub> 與強酸反應將產生沉澱。

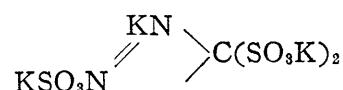


沉澱物與醯胺基 ( $\text{NH}_2>\text{C=O}$ ) 重氮化作用產生一種新鹽類。

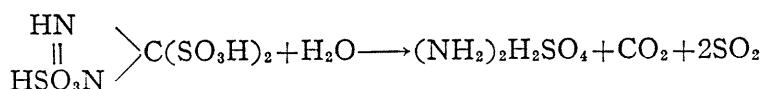


新的鹽類是  $\begin{cases} \text{N} \\ \parallel \\ \text{N} \end{cases} >\text{C}(\text{SO}_3\text{K})_2$ ，當 H(NH<sub>2</sub>)C(SO<sub>3</sub>H)SO<sub>3</sub>K 與 HNO<sub>3</sub> 反應時可形成類似的反應。

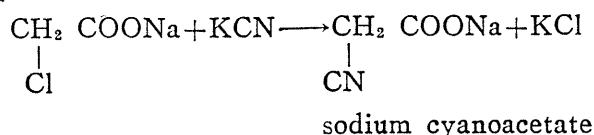
增加足量的 potassium bisulfite 可形成另一種新鹽類。

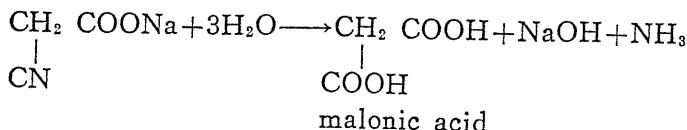


當酸化時，此種鹽類變成  $\begin{cases} \text{HN} \\ \parallel \\ \text{HSO}_3\text{N} \end{cases} >\text{C}(\text{SO}_3\text{H})_2$ ，當水解時，這種酸分解成硫酸肼 (hydrazine sulphate)，CO<sub>2</sub> 與 SO<sub>2</sub>。

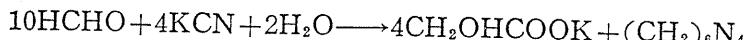


Fieser(10) 提出有關氯化物與氯醋酸 (chloroacetic acid) 形成丙二酸 (malonic acid) 的報告。

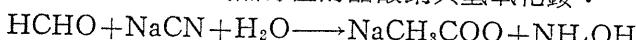




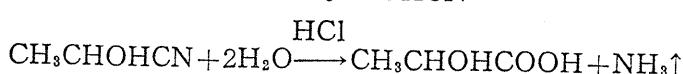
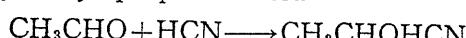
氰化物與甲醛的反應曾經 Williams (9) 提出過。在 30°C，氰化鉀與甲醛反應形成 potassium glycollate 與 hexamethylene tetramine。這些促成其他一些相互去除毒性反應的發展。



氰化鈉也將與甲醛反應形成無毒性的醋酸鈉與氫氧化銨：



當氰化氫加入乙醛中生成氰醇 (cyanohydrin) 或 hydroxyl nitrite。氰醇水解時，會變成  $\alpha$ -hydroxyl propionic acid：



氰醇亦能水解成爲乳酸 (lactic acid) 的鹽類。根據 Fowler(11) 的研究，當氧化時生成酮酸 (ketonic acid)。

將相等克分子量的右旋糖 (dextrose) 與 KCN 共同置於水溶液中，將形成  $\alpha$ -gluco heptoic anhydride，放出氨氣 (9)：



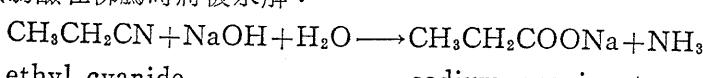
當 KCN 與氯化鈣和甲醛反應，產生 Calcium glycollate (0°C 至 15°C)，並放出氨氣：



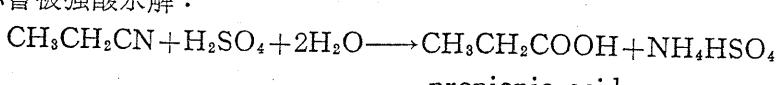
### 有機氰化物 (腈類) 的化學反應

一些有關於有機氰化物轉變成毒性較小或無毒性化合物的反應曾被提出過。根據 Conant(12) 和 Noller(13)，以下的反應曾被觀察：

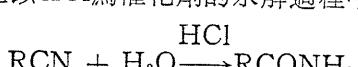
1. 脂類與弱鹼在沸騰時將被水解：



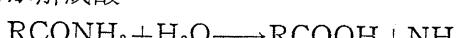
2. 脂類亦會被強酸水解：



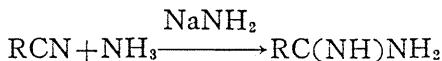
3. 脂類在以 HCl 為催化劑的水解過程中產生酰胺 (amide)：



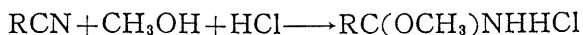
酰胺再水解成酸：



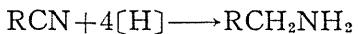
4. 晴類經氨解作用轉變為脒 (amidine) :



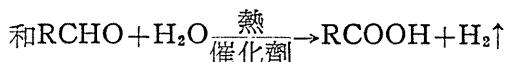
5. 晴類在醇解的過程中轉變為 imido ester hydro chloride :



6. 晴類會被還原為伯胺 (primary amine) :



7. 晴類也能轉變為醛類與氨



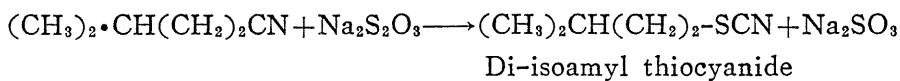
氰化物與硫代硫酸鹽 (thiosulfate) , 亞硝酸戊脂 (amyl nitrite)

與其他化合物的反應 :

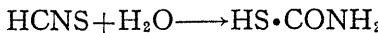
Chen 與其他學者(14)在彼等之去除氰化物毒性之研究中，曾提出氰化物與 thiosulfate, amyl nitrite 及其他化合物之反應。以下可證明此種化學反應：



Di-isoamyl cyanide



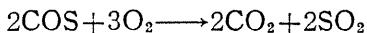
硫代氰酸鹽 (thiocyanate) 因酶的作用轉換而進一步因水解和氧化分解為中間產物或較簡單的化合物。其最終產物可能是 COS, CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> 和 SO<sub>2</sub>。Thiocyanate 之分解仍有許多其他的反應。以下水解作用的反應是可能進行的：



thiocarbamic acid



carbon oxysulphide



除此之外，thiocyanate 可與醇類反應形成乙胺 (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>NH<sub>2</sub>)，與氯醋酸 (chloroacetic acid) 反應形成 carbaminothiopropionic acid (NH<sub>2</sub>COS·CH<sub>2</sub>COOH)。酵母和有機微生物 thiocyanoridans (15) 可藉生化作用而利用或氧化 thiocyanate。以下是 Ludzak (16) 建議有關氰化物生物分解的反應：

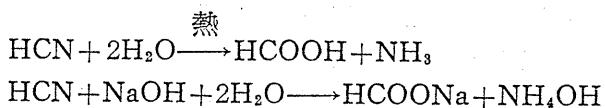


## 熱作用以減少氰化物

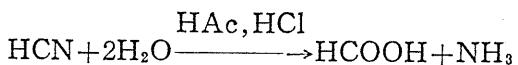
氰化氫的氧化（燃燒）是一種複雜的現象。在 400°C 至 900°C，氰化氫的氧化作用產生。900°C 時，主要的產物是氮與四氧化碳（nitrogen tetroxide）。然而，在 700°C 時，氮僅有極少量產生而三氧化二氮（nitrous anhydride）的量最多，尤其是當空氣與氰化氫的混合物含有 6% 的氰化氫的時候。當溫度高於 1000°C 時，氧化作用更為完全。催化劑會促進氧化作用並且也能增加最終產物的比例。根據在密西根州 Lansing 地方的美國通用汽車公司 Oldsmobile 工廠的一個實例報告（17），氰化物的複合物與廢棄的可溶解性油類依一定的比例混合再被注入燃燒器（burner）。大約有 1200 磅的氰化物首先與 75 加侖的水混合再與 1200 加侖的可溶性油類混合。這種混合物被打入 1500 加侖的儲存槽準備燃燒。一磅的氰化物約需要一加侖的油。燃燒器的溫度是 2500°F (1350°C)，在此種溫度，氰化物的燃燒作用較令人滿意。預儲的燃料被用來保持此一溫度，而當溫度升至 2500°F 時，燃料之供應將被截斷。燃燒速率是每小時 150 加侖。焚化爐於 535°F 的排出量為 28,200 c.f.m (70°F 時是 15,000 c.f.m)。在 70°F 時所供應的空氣是 2,800 c.f.m。根據此篇報告，在排出的氣體中並未測得氰化物。

先前提出過有關氰化物轉換成爲其他之化合物。對氰化物之熱轉換爲其他化合物，將於下討論：

在 50 psig 和 500°F，HCN 被水解成蟻酸（formic acid）和氨氣。當適量 NaOH 被注入反應系統，最終產物是甲酸鈉（sodium formate）和 NH<sub>4</sub>OH。在這過程中，需要蒸氣和水。反應如下：



此種過程在 Indianapolis 的 Eli Lilly & Co. (18) 的工廠中成功地操作過。然而，Kriebel (19) 也提出以下報告：在 30°C，以 2N HCl 為催化劑，HCN 在 HAc 的溶液中與 HCOOH 作用而水解並產生最終產物 NH<sub>3</sub>。

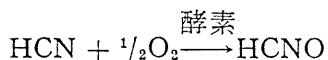


## 氰化物之生物分解

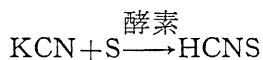
### 1. 有氧狀態下之氧化作用：

Ludzack 與 Schaffer (16) 觀察以活性污泥法處理 cyanide, cyanate 和 thiocyanide。彼等認爲有效降低氰化物的重要因素乃是將活性污泥與氰化物相互適應後並於適當的溫度下，加入 dextrose 為能量之補助源。根據彼等的報告，當 CN<sup>-</sup> 的濃度超過 60 ppm 時，處理的效果較不佳。在另篇報告中，Ludzack 與他的工作者 (20) 討論活性污泥對有機氰化物之有效處理。他們說明活性污泥與 CN<sup>-</sup> 適應後能成功地分解某一濃度的有機氰化物。在他們的研究中，Ludzack 和研究者們指出 CN<sup>-</sup> 的分解不包括 cyanate 階段。

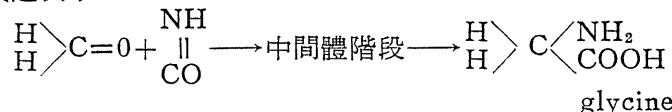
雖然已知僅有一些微生物能改變 HCN，Iwanoff 與其他學者 (21) 報告說明麴霉菌種 (*Aspergillus niger*) 於無氮的糖介質中能氧化利用 100% 的 HCN，特別是當微生物對氮的需求是「極為飢渴」時。



增加少量的粉狀硫與硫代硫酸鈉 (Sodium thiosulfate) 能促進以上的轉換。然而根據 Iwanoff 和 Zwetkoff，硫的存在亦能形成 thiocyanate。

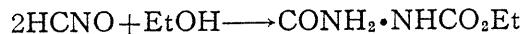


我們有興趣注意到 HCNO 被某些微生物消耗以合成胺酸 (amino acid)，就像氨基醋酸合成之例子。



根據 Walker 與其他學者 (22) 之研究，HCNO 與 NH<sub>4</sub>OH 作用形成 NH<sub>4</sub>CNO，並能於水溶液中轉換成尿素 ((NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CO)：

$\text{NH}_4\text{OH} + \text{HCNO} \longrightarrow \text{NH}_4\text{CNO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons (\text{NH}_2)_2\text{CO}$  Cyanate 與 ethyl alcohol 反應形成脲基甲酸 (allophanic acid) 的酯類。



與醛類作用，HCNO 將形成 trigenic acid。

Howe 和 Howe (23) 提出氰化物被馴養過的廢棄污泥吸收的研究報告，加入活性污泥的氰化物經過24小時緩和曝氣會降低73~76%，而此量的34~43%會被污泥吸收並儲存其中。延長曝氣會使氰化物更為降低，同時亦能減少污泥中的氰化物。在彼等的研究中，氧化槽中氰化物的濃度最高可達 280ppm。

Brink 與其他學者 (24) 提出用生物過濾法成功地分解氰化物的報告。廢水中氰化物的濃度高達 150ppm 時可以生物過濾法有效地降低。

作者與其合作者觀察厭氣消化的上浮液體對含有氰化物之生物過濾廢水的影響。實驗室中之研究產生有趣的數據。明顯地，N<sub>2</sub>，H<sub>2</sub>S，S 和其他存在於厭氣消化上浮液體中的有機酸，可能增進以生物過濾法降低氰化物之效率，高達80%。藍綠藻豐富的生長在濾石上，濃度可達 300ppm。消化上浮液體與含弱氰的廢水混合而以生物過濾法處理曾於工廠中實地作過。

## 2. 厌氣消化：

Ludzack (20) 與其他學者觀察有機氰化物的厭氣消化。他們的實驗說明 lacto- 與 acrylonitriles 對消化性微生物是有毒的。hecto-, adipo-, benzo- 與 oxydipropio-nitriles 對消化性微生物並不確實有害，但是它們不能促進消化過程中氣體的產生。

在1960年末期和1961年初期，作者與其合作者研究消化性微生物在增加氰化物濃度之環境中的適應性。50 加侖污泥加入初級示範槽中處理氰化物 (NaCN)，以 8 小時為準加入 CN<sup>-</sup>，濃度由 1.0ppm 加至 100ppm 直至消化槽至最高負荷 (50gal)。然後 1g 的 FeCl<sub>3</sub>,

$\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  和  $(\text{NH}_4)_6\text{MO}_7\text{O}_{24}$  被作為複合劑或刺激劑，每半天加入初級消化槽中與高速混合消化槽中所取出之含 15g  $\text{NaCN}$  之 5gal 消化性污泥混合。初級消化槽穩定加熱並保持於 100°F。此種消化槽可連續循環以利完全混合，而他的混合物可溢流入二級消化槽以使污泥沉澱。在第一次溢流入二級系統十天後，每天分析上浮液之  $\text{CN}^-$  濃度。在此觀察中，上浮液的 pH 值很緩和的逐漸從 7.2 增至 7.5，而在全部的檢測次數中，隨著氣體的燃燒，氣體正常的產生。簡單的 S,  $\text{H}_2\text{S}$ , Sulfite 和有機硫之化合物與氨似乎均能增進氰化物之厭氣分解作用，然而吾等並不了解其在有氧處理狀態下之影響。

### 厭氣消化污泥處理氰化物

1962年，Howe, Paradiso 和 Wollenweber(25) 提出他們應用消化污泥至示範工廠中以處理含氰化物廢棄物之研究。根據他們的報告，此種過程（已獲專利），乃是依 pH,  $\text{NH}_4\text{OH}$  和  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、其他有機化學物質、已加入的催化劑與反應時間，將適量的消化性污泥加到含氰化物的廢水中而產生一種消化性的污泥與  $\text{CN}$  的複合物。在沉澱槽液體中，剩餘的氰化物再與消化槽之上浮液混合，再經曝氣、沉澱與生物過濾，此種含  $\text{CN}^-$  之污泥打入已知體積的污水塘，在此經 6 個月之自然分解與脫水，大約有 50,000 磅之氰化物如  $\text{CN}^-$ ，能藉此過程被破壞或轉換成無毒性之物質。

### 複合之有機化學廢棄物處理氰化物

先前提及的氰化物與其他有機化合物的一些化學反應，對處理氰化物並使其去除毒性方面，可提供有用之資料。

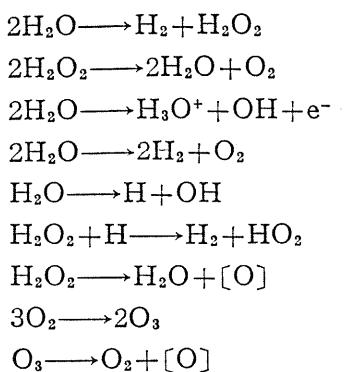
作者與其合作者自 1961 年即觀察，以利用含有 isopropyl alcohol, formaldehyde, acetone, sugar, potassium hydrogen sulfite、複合的 sulfonate 和 HCl 的廢棄物以降低氰化物，有 75% 以至更多之氰化物可被降低。其他亦有一連串之觀察，以決定含有  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  和  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  的廢棄物對降低氰化物之能力。在此研究中，大約有 60% 之氰化物能自原有之含量中被除去。隨著降低之過程為混凝與沉澱。在沉澱池液體中剩餘之  $\text{CN}$  濃度可被測定。利用廢棄物中含有之有機與無機化合物以降低氰化物，是被觀察、期望在適當時將有更進一步之報告。

### 放射線分解氰化物

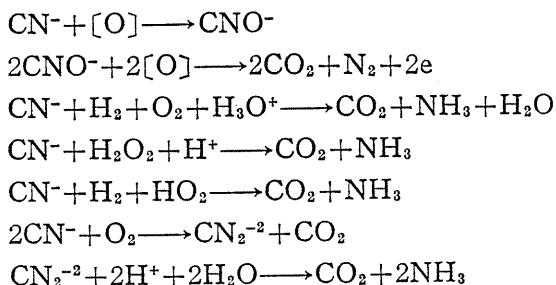
科學家們嘗試去描述，應用含放射線之廢水去製成一種或兩種混合物而使氰化物降低，並能同時使放射性減少。

一些可能的改變和反應在有放射性的水中發生，很多科學家們(26)討論此等問題，以下是主要之考慮：

經  $\alpha$ -粒子、 $\beta$ -粒子、 $\gamma$ -粒子、中子、質子、X 射線或紫外光充份且連續放射作用後，在水中的反應可能如下(27, 28)：



生成物  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $[\text{O}]$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{HO}_2$  與氰化物藉不同根的氧化活性而使其降低之間是有重要關係的。氰化物的根與水中生成物的根經放射作用之反應可能如下：



氰化物的熱分解也可能牽涉其中。對此些被建議的反應需要作更進一步之研究，以證明用放射線與放射性物質以處理氰化物之可行性。作者建議，一個大型的研究計劃應由考慮到此等問題的工廠發起，特別是當某種廢棄物之體積非常大，以至於物理與化學處理或降低氰化物之花費龐大時，如果作者初步研究之方法為可行且實用時，它將能同時解決處理氰化物和放射性廢棄物（較短的半衰期）兩者之嚴重問題。

## 總 結

時間、溫度、pH 值、微生物數目等為氰化物分解的基本因素。如氰化物愈少，去毒性愈快。很多微生物可分解  $\text{CN}^-$ ，它們包括 Prop. shermanii, Z. ramigera, B. megatherium, F. devoraus, Prop. freudenreichii, Strep. grieus, B. subtilis, Lait. arabinosus, E. Coli, Cyanophycease (藍綠藻), Chlorophyceae (綠藻)、酵母等。

提及氰化物之分析，我們必須注意到一些可能造成的混淆。有些化合物，可能因某種過程而被分析為氰化物。然而，嚴格說來，其在化學與物理特性及相對毒性方面與氰化物卻完全不同。此等化合物如表二。

表二中，(3)和(4)在性質與毒性上均為(2)之同分異構物。

Berzelius 許多年前首先注意到這種情形。後來，Liebig 於 1838 年確認此些同分異構物之存在。

Nef 於 1894 年考慮到 fulminic acid 的結構是  $\text{C}=\text{NOH}$ ，就如同 malonic acid 與

表二：不同性質之氰化物

(1) H-C≡N -C≡N	hydrogen cyanides cyanide ion (有毒)
(2) H-C=N=O -C=N=O	cyanic acid cyanate ion (毒性較小)
(3) H-C≡N=N=O H-C≡N= <sup>(2+)</sup>	formonitryloxide (毒性較小) formonitryl ion (毒性較小，且會爆炸)
(4) H-O-N=C -O-N=C	fulminic acid (毒性較小，但會爆炸) fulminate ion 或 iso cyanate ion (毒性較小且會爆炸)

mercuric nitrate 和 nitrite 反應得到同樣的 monoxime，以上之反應於 1901、1906 年被 Aogelico 與 Wieland 證實。

Wohler 於 1910 年，Palazzo 於 1912 年也認為 C=NOH 是異構化合物，在平衡狀態下隨著飽和與不飽和之穩變異構現象 (desmotropic forms)，其性質依溫度而變。

HCN 於 pH 9.0 時會從溶液中溢出！其他化合物(2)、(3)、(4)不會溢出，除非 pH 降至很低！

我們需替自己解答以下之問題：是 CN<sup>-</sup>, -C=N=O, H-C≡N=N 或 -O-N=C? 我們必須確定目前的分析過程和方法能得到正確之答案。我們很可能會被自己和他人錯誤引導。事實上，ammonia, amine 或有機碳即可產生或合成簡單之氰化物而不須複雜之前處理。氰化物實際上是很毒的。它會引起無意識、痲痺、呼吸困難、呼吸停止、眩暈和死亡。我們必須小心且謹慎的處理氰化物。每一項安全之方法，事實上均需要謹慎之使用。

### 參考資料

- (1) Howe, R.H.L. "Some Toxic Organics of Natural Origins", pp. 13-15, 1982.
- (2) Howe, R. H. L. "Bio-Destruction of Cyanide Wastes", Air and Water Pollution, Int. Journal, Vol. 9, Nos. 718, pp. 463-478, 1968.
- (3) Howe, R.H.L. "The Chemistry of Cyanides Degradation", Monograph, IASRI, 1984.
- (4) Nesbitt, J. B. et al. "Aerobic metabolism of Cyanogenic Compounds", Penn State University, USDHEW Res. Report WP-00151-04, 1965.
- (5) Howe, R. H. L. and Howe, J. M. "Biological Deradation of Cyanides and Production of Vitamine B<sub>12</sub>", Wastes Engineering, April, 1966.
- (6) Iwannoff, N. N. et al. "Annual Review of Biochemistry", Vol. 5, pp. 585-612,

1936.

- (7) Howe, R. H. L. "Progress of Cyanides Degradation", Proceedings, 18th Ind. Waste Conf. p.187, 1963, an Unpublished Research Report, 1959.
- (8) Porter, J.R. "Bact. Chemistry and Physiology", p.838, John Wiley, 1946.
- (9) Williams, H.S. Cyanogen Compounds, Chap, V and Chap, VI, Second Edition, Edward Arnold & Co., London, 1940.
- (10) Fieser, L.F., et al., "Organic Chemistry", p. 313, D. C. Heath & Co., Boston, 3rd edition, 1956.
- (11) Fowler, G. J. "Bacteriological and Enzyma Chemistry", pp.61-62, Edward Arnold & Co. London, 1911.
- (12) Conant, J. B., "The Chemistry of Organic Compounds", pp. 89-90, 154-155, The Macmillan Co., N.Y. 1939.
- (13) Noller, C. R., Chemical of Organic Compounds, pp. 249-58, W. B. Saunders Co., 1962.
- (14) Chen, K.K., et al., Journal Indiana Association of Pharmacists, July, 1944.
- (15) Porter, J.R., 1946, Bacterial Chemistry, p. 835, John Wiley & Sons, N.Y., 1946.
- (16) Ludzack, F.J. et al., Proceedings, 15th Ind. Waste Conference, pp. 434-60, Purdue University, 1960. Also, JWPCF Vol. 34, No. 4, pp. 320-341, 1962.
- (17) Air Engineering, Feb. 1962, pp. 36, 37, 51.
- (18) Personal Discussion with Dr. F. R. Lloyd and Mr. Robert Rock, Eli Lilly and Co.
- (19) Krieble V. K., et al., J. A. O. S. Vol. 65, pp. ,1479-82, 1943.
- (20) Ludzack, F. J. et al., Proceedings, 24th Ind. pp. 547-65, Purdue University, 1959.
- (21) Iwanoff, N.N. and Zwetkoff, E. S., Ann. Rev. Biochem. Vol. 91, pp.569-91, 1936.
- (22) Walker, E.E., et al., Journal of Chemical Society, Vol. 67, p.764, 1895.
- (23) Howe, R. H. L. and Howe, J. M. Preprint No. 6, Third Biological Wastes Treatment, Manhattan College, 1960.
- (24) Brink, R. J., et al., Reprint No. 41, Third Conference on Biological Wastes Treatment, Manhattan College, 1960.
- (25) Howe, R. H. L., Paradiso, S. M. and Wollenweber, L. H., "Recent Advance in Cyanide Waste Treatment", Purdue 18th Waste Conference, Proceedings,

1963.

- (26) Howe, R.H.L., "The Decomposition of Water by Ionization Radiation", 1963 and 1984.
- (27) Duane, W. and Suheuer, O. "Decomposition of Water by Radiation", Radium 10, 331, 1950.
- (28) Burton, W. "Radiation Chemistry", J. Physical and Colloidal Chemistry 51, 611, 1947.