

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 化學科

040205

Mg.A1 在鹽類水溶液中反應之探討

學校名稱：國立花蓮高級中學

作者： 高二 江景翔 高二 劉哲甫 高二 王昕俞 高二 陳冠綸	指導老師： 陳美玲
---	------------------

關鍵詞： 鎂、鹽類、表面膜

摘要：

某些活性金屬，如鎂或鋁等，其表面在與水反應生成氫氣時，可形成一層緻密之化合物，進而使反應無法繼續進行，然而鹽類水溶液所含之陰陽離子，可藉由與金屬表面膜反應，形成可溶之反應中間物，將金屬外層之表面膜瓦解，使內部可繼續與水接觸進行反應；由改變鹽類的種類、濃度、溫度等因素，觀察其表面反應時崩解之情形，並藉由記錄氫氣之生成量，計算其反應速率，以及測量反應時 pH 值之變化，找出前述實驗無法看出的反應情形；最後藉由分析各數據間之關連性，找出這些因素影響反應的原因，如：離子與表面膜之間的作用機轉。

壹、研究動機：

高二化學之”金屬與非金屬”中提到活潑金屬如鈉、鉀、鈣可與冷水劇烈反應，生成金屬氫氧化物或氫氣，而鎂則需與沸水或在酸性水溶液中（如鹽酸）才能生成氫氣，但我們參閱書籍文獻，提到鎂在氯化銨水溶液中亦能快速生成氫氣，這引起我們的研究興趣：鎂與其他鹽類水溶液的反應是否亦能在常溫下產生氫氣，其間差異如何及作用機轉為何？希望能由相關反應情形及實驗數據中做詳細的分析歸納統整，找出不同的離子與金屬表面膜緻密組成間的反應機轉及關聯性。

貳、研究目的：

- 一、鎂與不同種類的鹽類水溶液之反應情形
- 二、鎂與同種類不同濃度的鹽水溶液之反應情形
- 三、探討不同鹽類（價數、陰陽離子）破壞金屬表面膜可能的反應機轉及關聯性
- 四、溫度對鎂與鹽類水溶液反應之影響
- 五、鋁在鹽類水溶液中的反應是否有其相關性

參、研究設備及器材：

一、器材

玻棒、吸量管、滴管、試管、100m l 燒杯、250m l 燒杯、500m l 燒杯、750m l 燒杯、5m l 量筒、50m l 量筒、計時器、電子秤、恆溫槽、蠟、注射針頭、pH 計，自由夾、鐵架、鑽孔器。



照片 1-1



照片 1-2

二、藥品

(一) 鹵化物：

氯化鋰 (LiCl)、氯化鈉 (NaCl)、氯化鉀 (KCl)、氯化鎂 (MgCl_2)、氯化鈣 (CaCl_2)、氯化銦 (SrCl_2)、氯化鋇 (BaCl_2)、氯化鋁 (AlCl_3)、氯化銨 (NH_4Cl)、溴化鈉 (NaBr)、碘化鈉 (NaI)

(二) 硝酸鹽類

硝酸鋰 (LiNO_3)、硝酸鈉 (NaNO_3)、硝酸鉀 (KNO_3)、硝酸鎂 ($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$)、

硝酸鈣 ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$)、硝酸銦 ($\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$)、硝酸鋁 ($\text{Al}(\text{NO}_3)_3$)

(三) 其他鹽類

硫酸鈉 (Na_2SO_4)、亞硫酸鈉 (Na_2SO_3)、硫代硫酸鈉 ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)、碳酸

鈉 (NaCO_3)、醋酸鈉 (CH_3COONa)、草酸鈉 ($\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$)

(四) 金屬

鎂帶、鋁片

(五) 其他

凡士林

肆、研究過程或方法：

一、定性測試

(一) 取 5cm 鎂帶 (約 0.07g) 用砂紙磨光表面，放入乾燥試管中。

(二) 分別在各試管中加入 1、2、3、4N 各種鹽類水溶液 5ml。

註：1N 的定義為每一升的溶液含 1 莫耳的 1 價陰離子。

(三) 實驗開始時，同時紀錄看到的現象。半小時後，再記錄一次。



照片 1-3

二、不同濃度水溶液對氫氣生成反應之影響

(一) 取 5cm 鎂帶 (約 0.07g) 放入乾燥試管 (長度截為 5cm)，共八組。

(二) 取二號橡皮塞 (有洞)，分別將注射針頭尖端磨平，嵌入橡皮塞，隙縫塗抹凡士林以防漏氣，共十二組。



照片 1-4

- (三) 將 5m l 吸量管於尖端裹上蠟填住較細端孔，注滿水另一頭倒置於恆溫槽之水面下。調整恆溫槽至指定溫度。
- (四) 量取 5m l 之 1~4N 之鹽類水溶液，倒入上述十二組試管後，以橡皮塞蓋緊，將針頭置於吸量管下方，收集氣體同時計時開始。(作排水集氣)。另取一管做對照組 (5m l 純水，0.07g 鎂帶)
- (五) 將記錄到的數值做壓力修正，算出其真實的氣體體積，繪製成圖表 (修正過程如附錄一所示)。

三、不同鹽類水溶液對氫氣生成反應之影響

- (一) 重複實驗二 1~3 步驟。
- (二) 量 5m l 同當量濃度之不同鹽類水溶液，倒入上述八組試管中以橡皮塞蓋緊，將針頭置於吸量管下方，收集氣體。
- (三) 於時間之間隔紀錄吸量管上讀取之刻度，並紀錄下來。
- (四) 將記錄到的數值做壓力修正，算出其真實的氣體體積，繪製成圖表 (修正過程如附錄一所示)。



照片 1-5



照片 1-6

四、不同鹽類水溶液與鎂帶作用時 pH 值之變化

- (一) 取 5cm 鎂帶，表面磨光並稱重 (約 0.07g)，放入乾燥試管 (長度為 5cm)。
- (二) 校對 pH 計，再量取 5m l 同當量濃度之不同鹽類水溶液，倒入上述試管中，測定溶液初始 pH 值同時開始計時。
- (三) 於時間之間隔紀錄 pH 計上讀取之數值，並紀錄下來。



照片 1-7



照片 1-8

伍、研究結果：

一、定性測試

(一) 鎂

1. IA 族鹵化物 (LiCl、NaCl、KCl)

不論鹽水濃度大小，一開始靜置十餘秒後，皆有氣泡生成於鎂帶表面。約半小時後，才有漸多白色沉澱，繼續靜置後，表面轉為淡淡的黃褐色，有點斑駁以及凹陷（推測可能是表面膜被破壞，內部的鎂繼續與鹽水作用所致），濃度增大皆有氣泡增加、較快失去金屬光澤的趨勢，但以肉眼觀察不十分明顯。而若干小時後，濃度最大之試樣（4N），其反應結果與濃度小（1N）之試樣相近。

2. IIA 族鹵化物 (MgCl_2 、 CaCl_2 、 BaCl_2)

反應較同濃度的 IA 族鹽類水溶液快，一接觸十餘秒即有明顯氣泡生成，半小時後表面轉黑，一開始氯化鎂濃度增大有反應變快的情形，約一小時後，高濃度試樣（3N、4N）氣泡生成速度又較低濃度的試樣慢，氯化鈣溶液濃度大則氣體生成速率慢，兩種鹽類溶液最後皆有白色沉澱生成。

3. IIIA 族 (AlCl_3)

有氣泡生成於表面，就肉眼觀察，此鹽類一開始反應較 IA、IIA 族快，約一小時後有少許白色膠狀沉澱生成。

4. 硝酸鹽類 (NaNO_3 、 KNO_3 、 LiNO_3 、 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$)

有氣泡生成，但皆較鹵素化合物反應慢，濃度改變無太大差別，約一小時後有銅色膜生成於鎂帶表面，少許白色沉澱生成，而 IA 族硝酸鹽反應速：鉀鹽>鈉鹽≈鋰鹽。IIA 族則較 IA 快一些， Al^{3+} 則又大於 IIA。

(二) 鋁

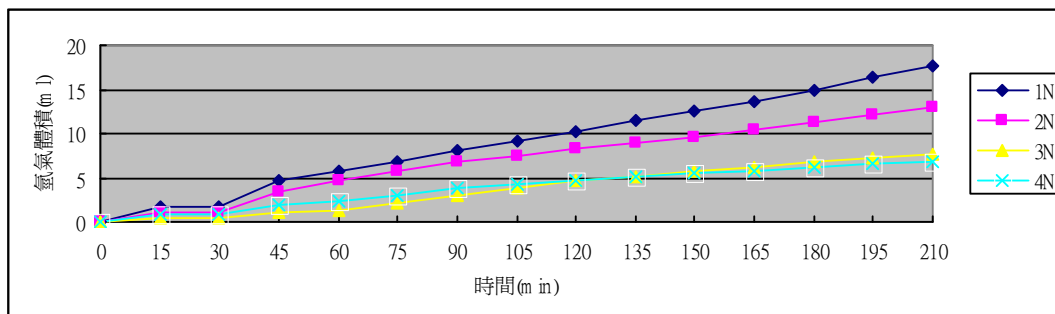
鋁片跟鹵化物幾乎不反應，但仍有極少氣泡生成，在 50°C 狀況下，和氯化鋁有較明顯反應，硝酸鹽則不反應。

註：由於以下結果之資料圖表繁多，因此僅貼上較具代表性或較為特殊之實驗數據圖表

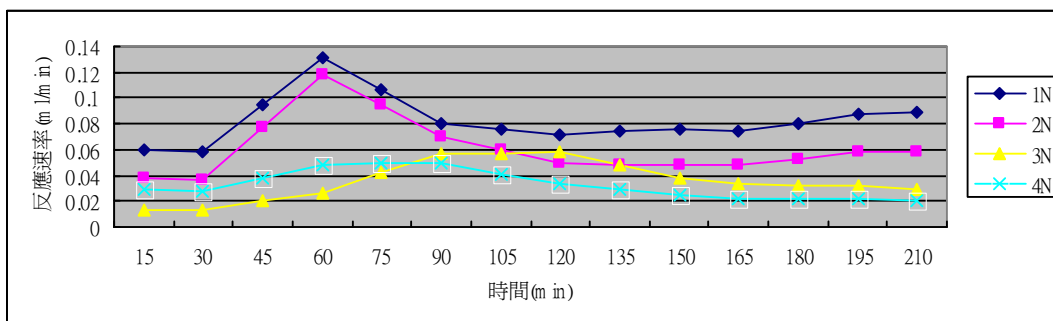
二、不同濃度水溶液對氫氣生成反應之影響

(一) LiCl：（數據見附錄二）

1. 氫氣生成量（圖1-1）

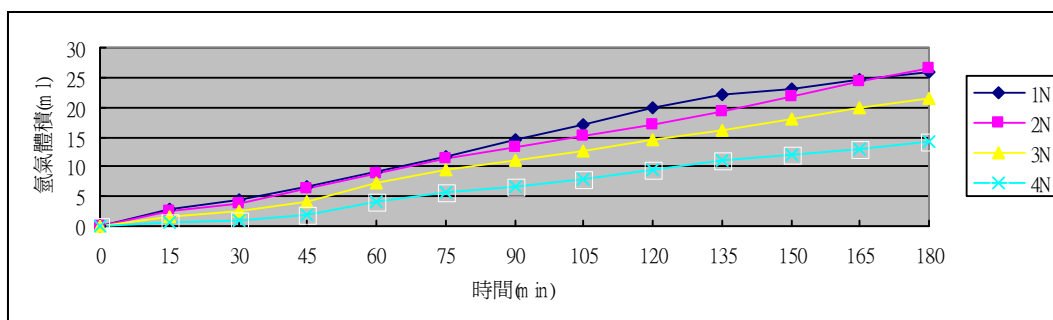


2.反應速率（圖1-2）

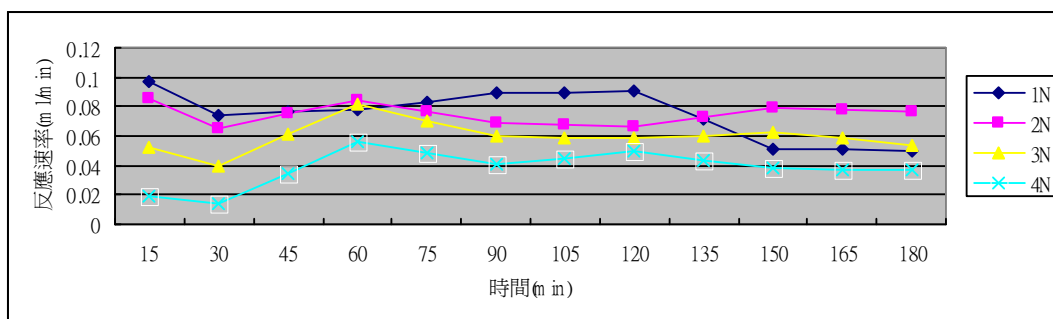


（二）NaCl：（數據見附錄二）

1.氫氣生成量（圖2-1）

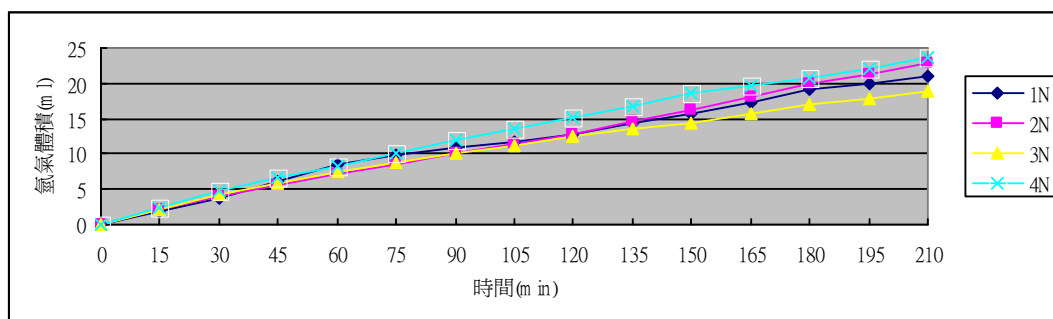


2.反應速率（圖2-2）

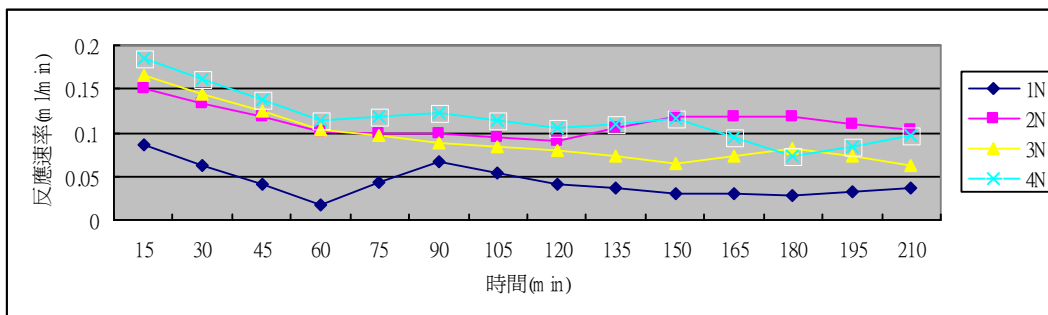


（三）MgCl₂：（數據見附錄二）

1.氫氣生成量（圖3-1）

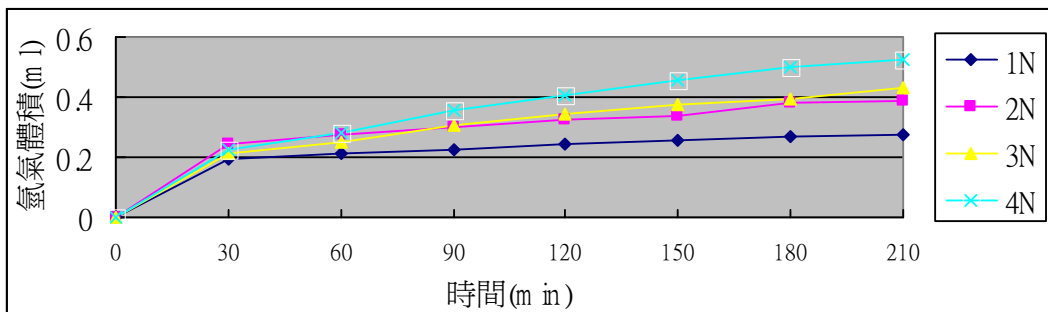


2.反應速率（圖3-2）

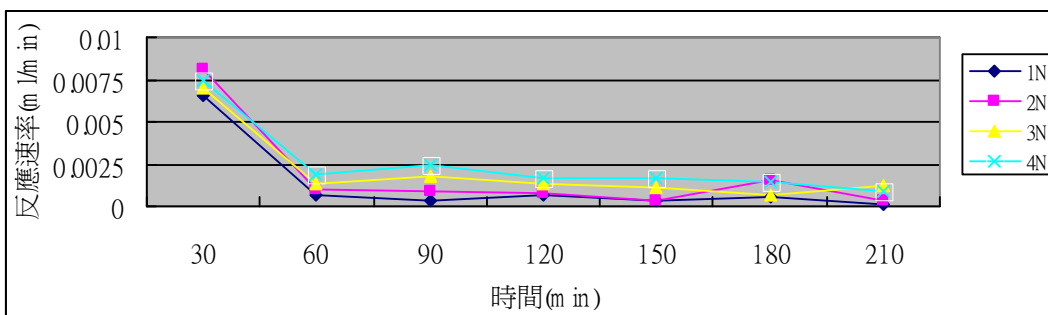


（四） $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ：（數據見附錄二）

1.氫氣生成量（圖4-1）

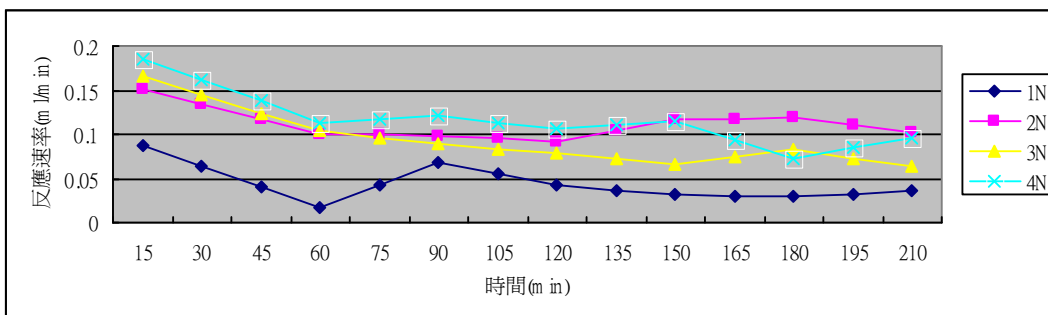


2.反應速率（圖4-2）

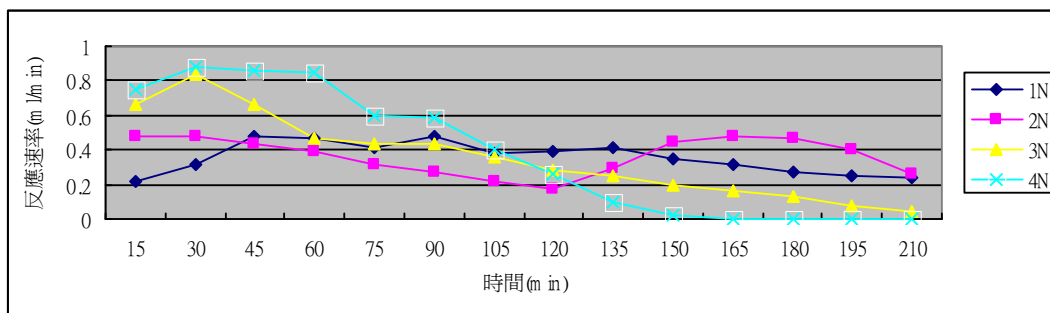


（五） AlCl_3 ：（數據見附錄二）

1.氫氣生成量（圖5-1）

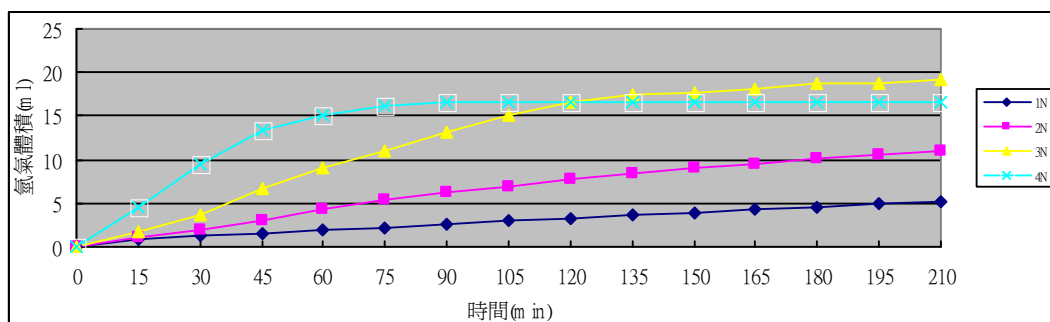


2.反應速率（圖5-2）

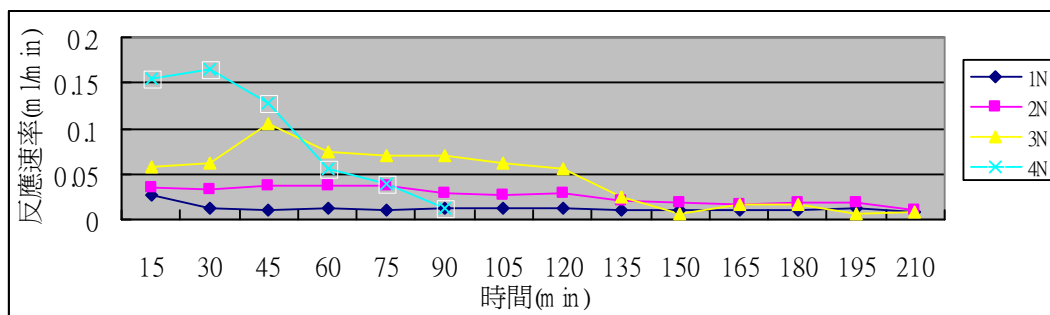


（六） $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ ：（數據見附錄二）

1.氫氣生成量（圖6-1）

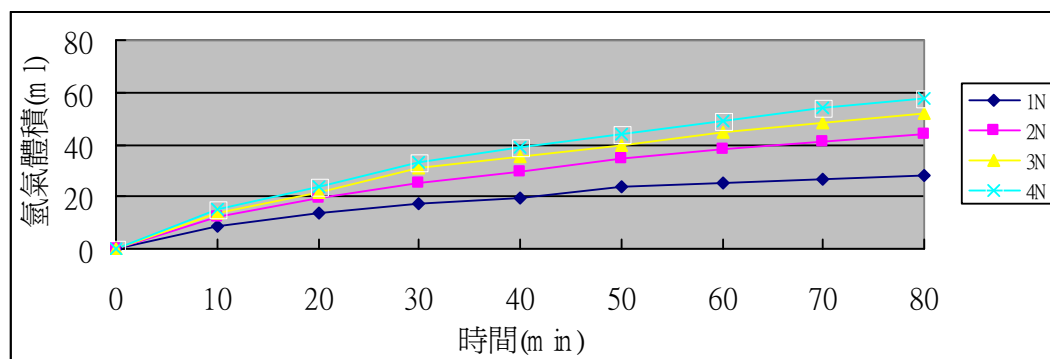


2.反應速率（圖6-2）

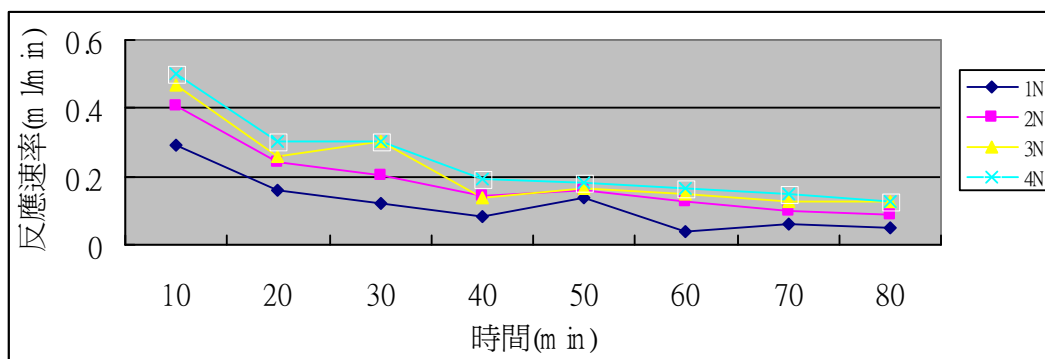


（七） NH_4Cl ：（數據見附錄二）

1.氫氣生成量（圖7-1）



2.反應速率（圖7-2）

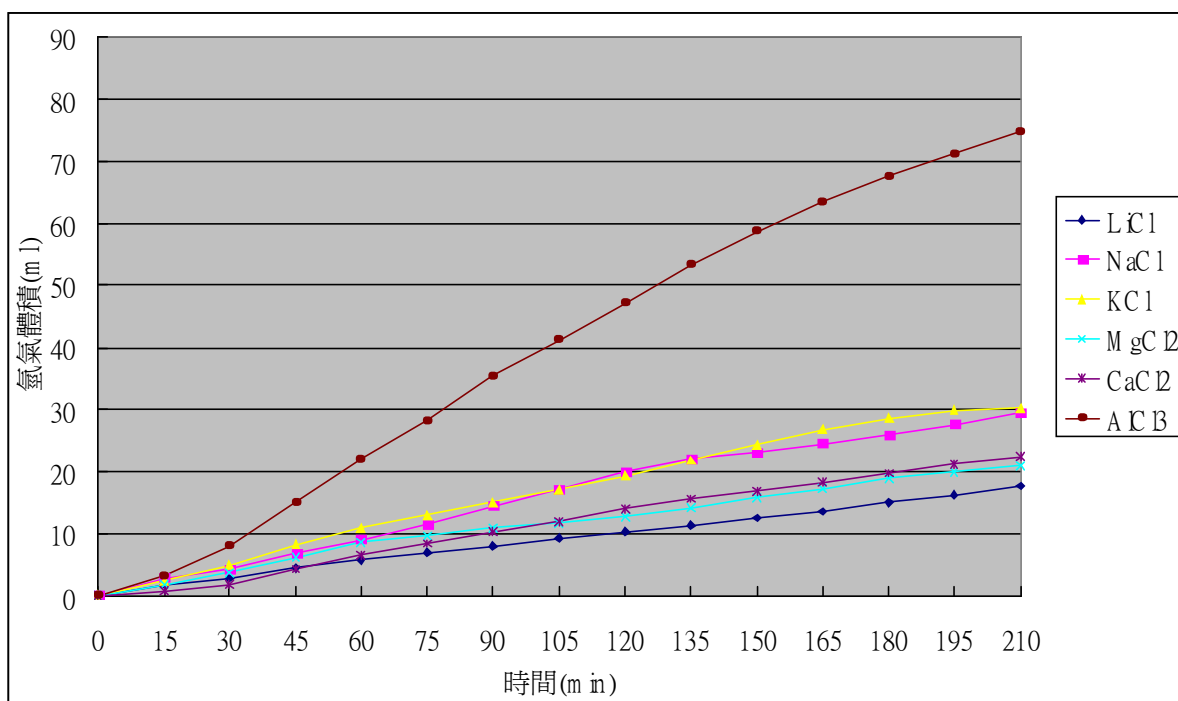


三、不同鹽類水溶液對氫氣生成反應之影響

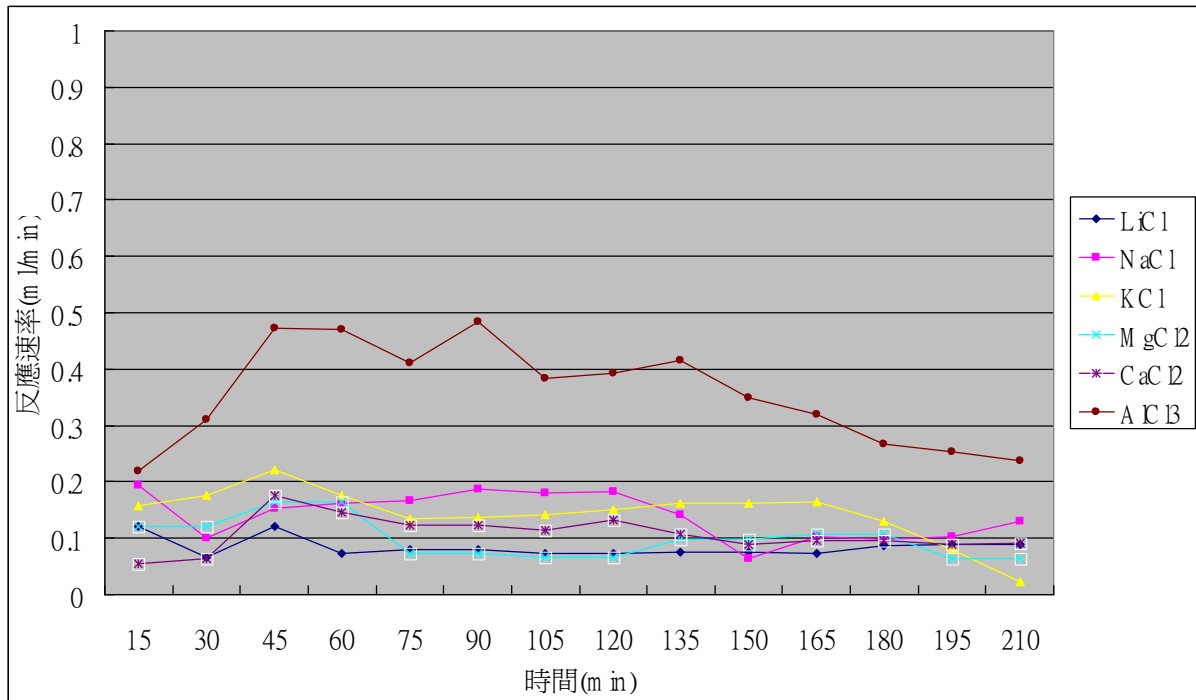
（一）鎂帶與氯化物反應之比較

1.1N

（1）氫氣生成量（圖8-1）

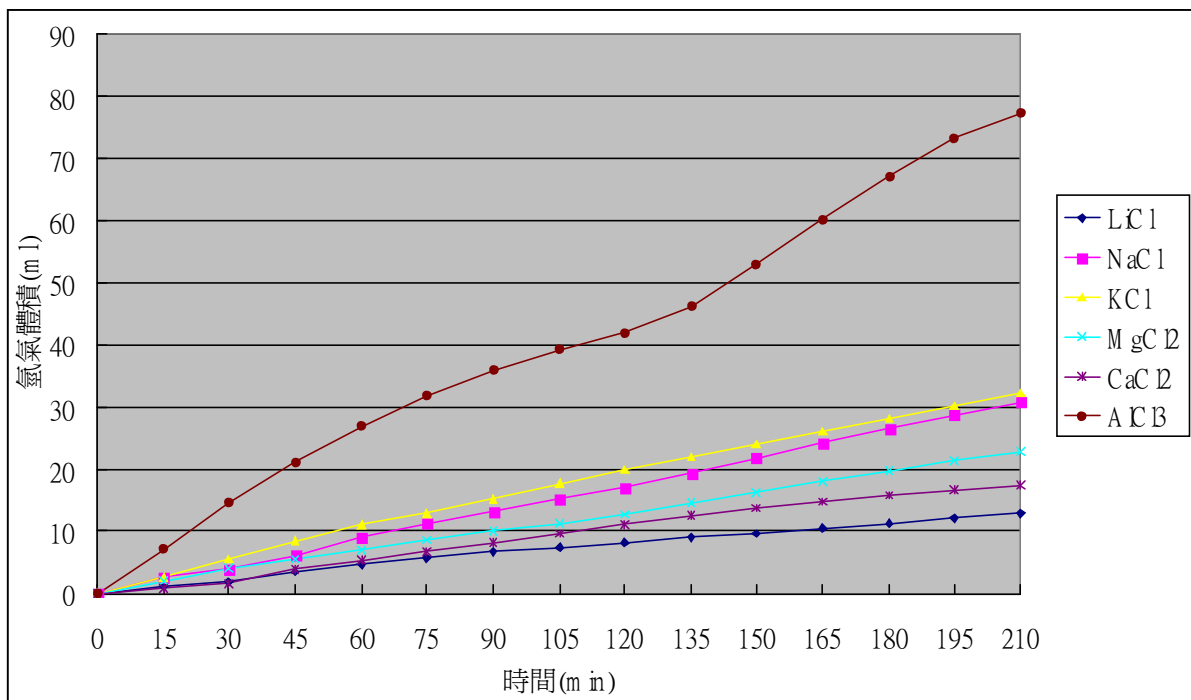


(2) 反應速率 (圖8-2)

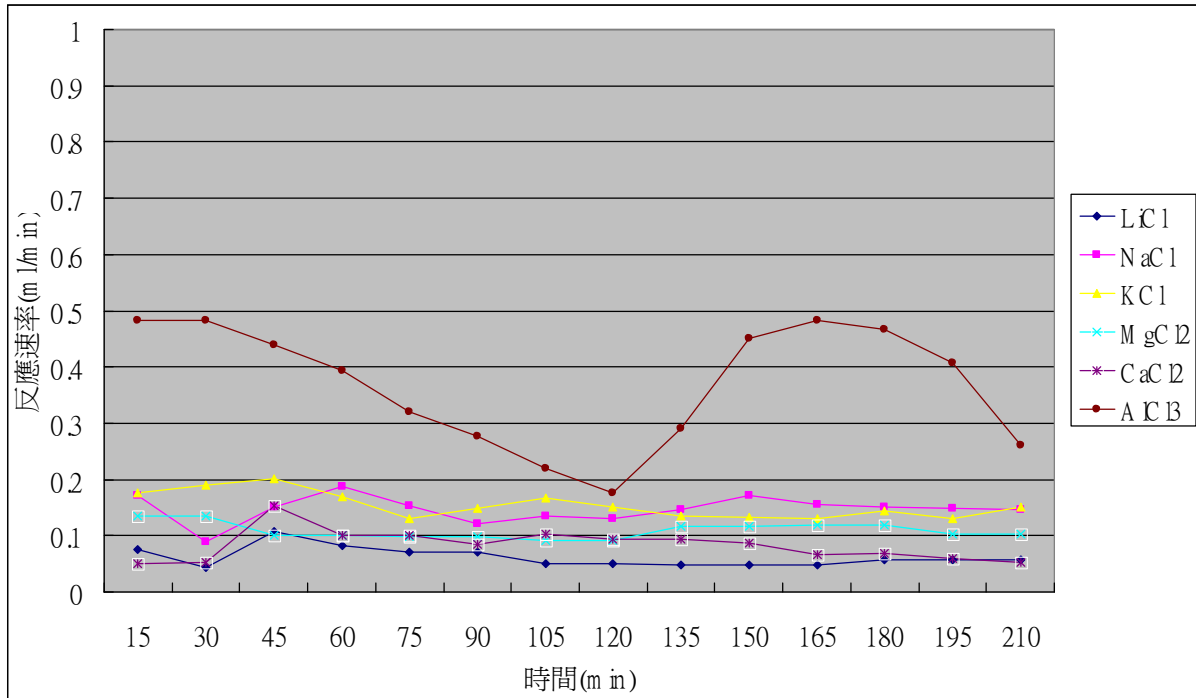


2.2N

(1) 氫氣生成量 (圖9-1)

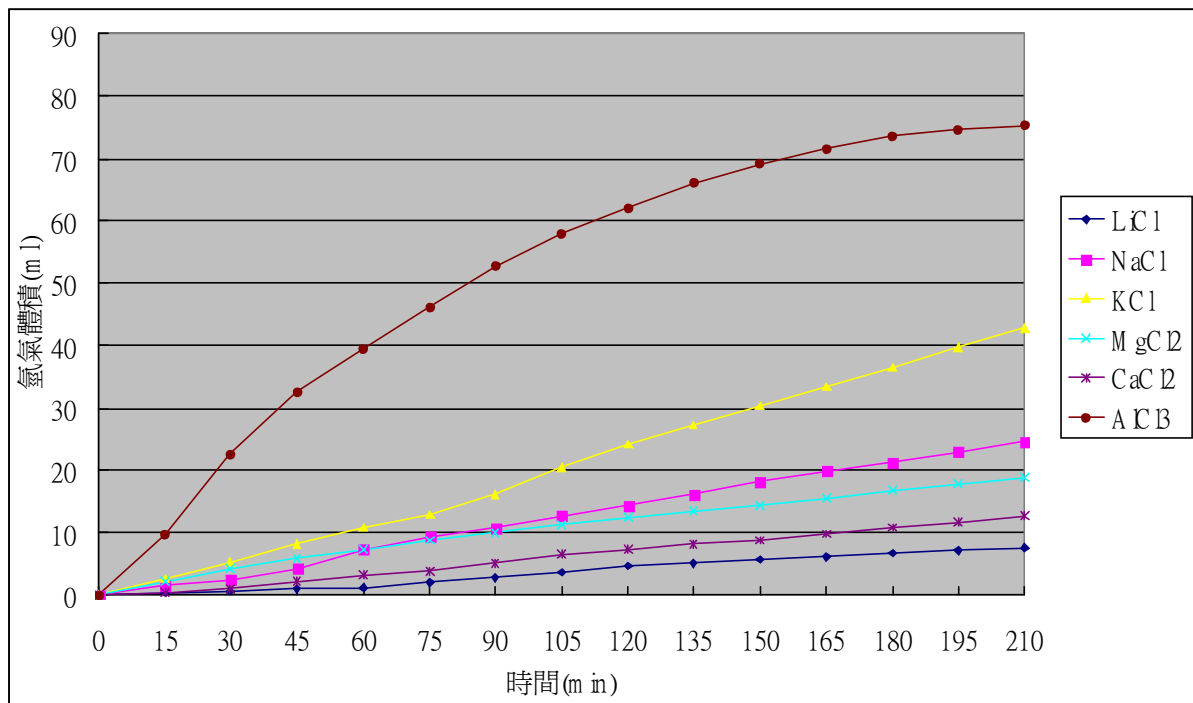


(2) 反應速率 (圖9-2)

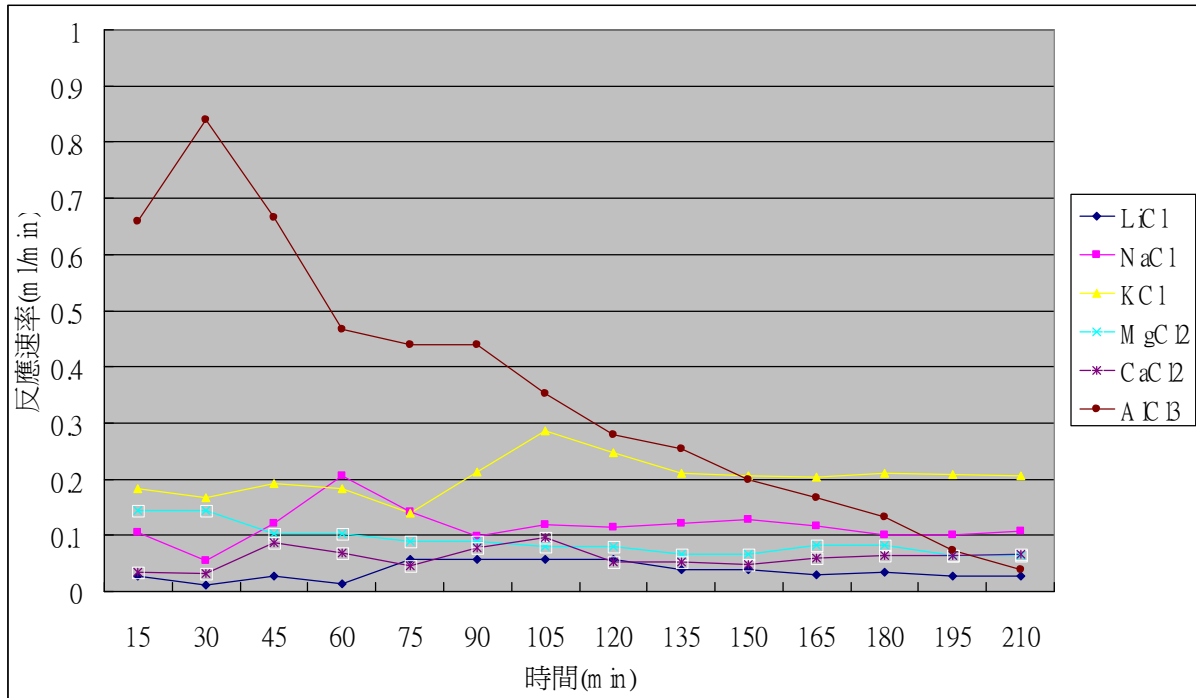


3.3N

(1) 氫氣生成量 (圖10-1)

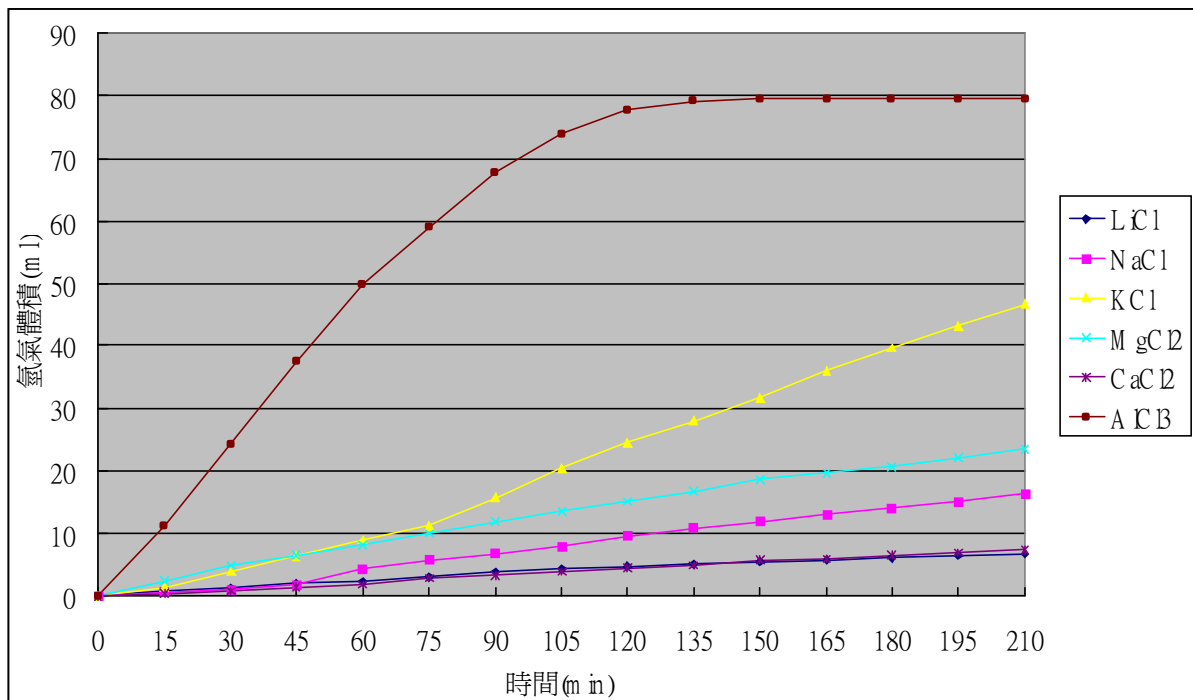


(2) 反應速率 (圖10-2)

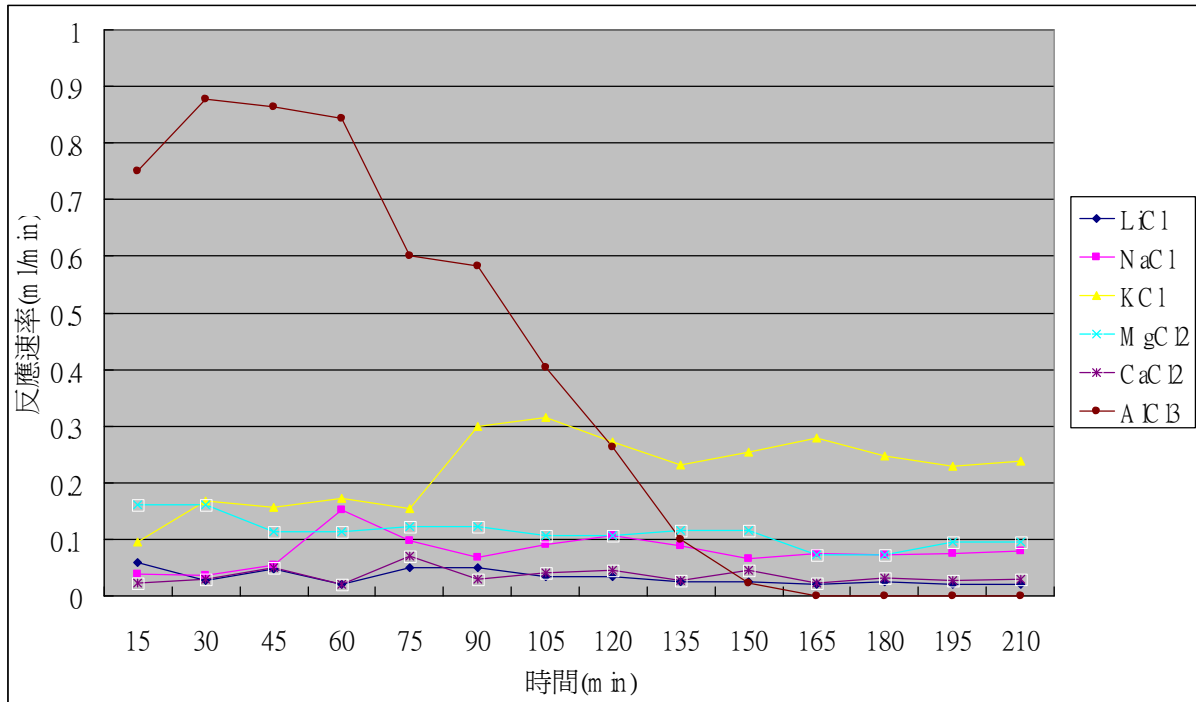


4.4N

(1) 氫氣生成量 (圖11-1)



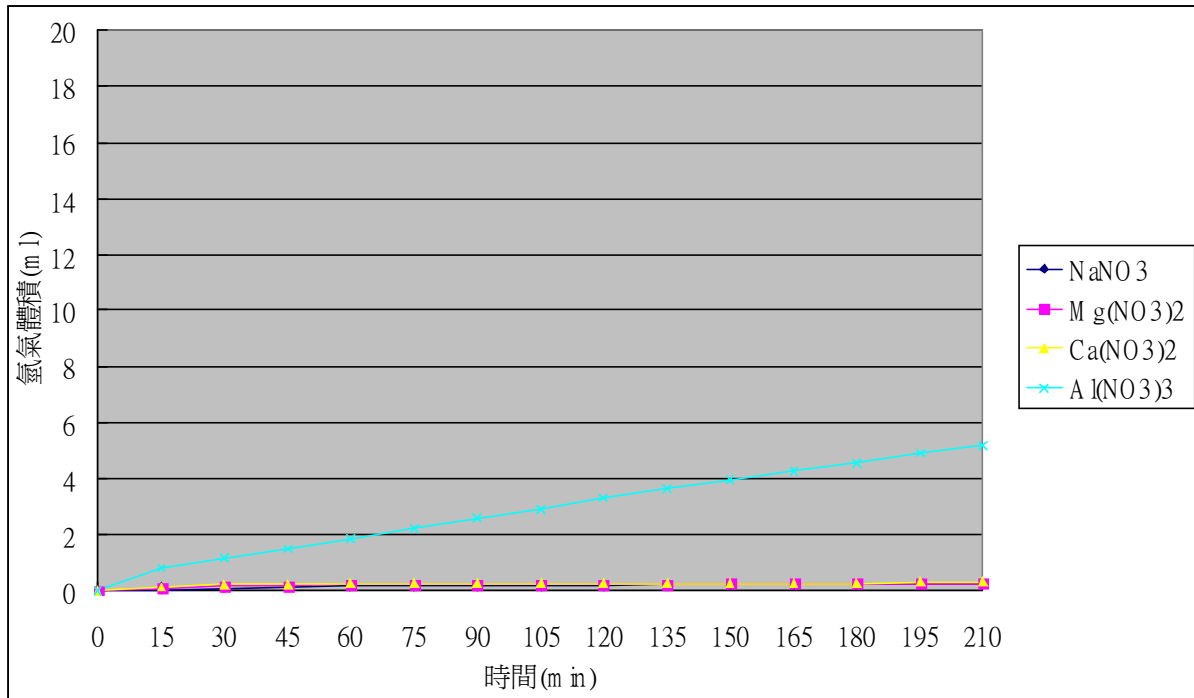
(2) 反應速率 (圖11-2)



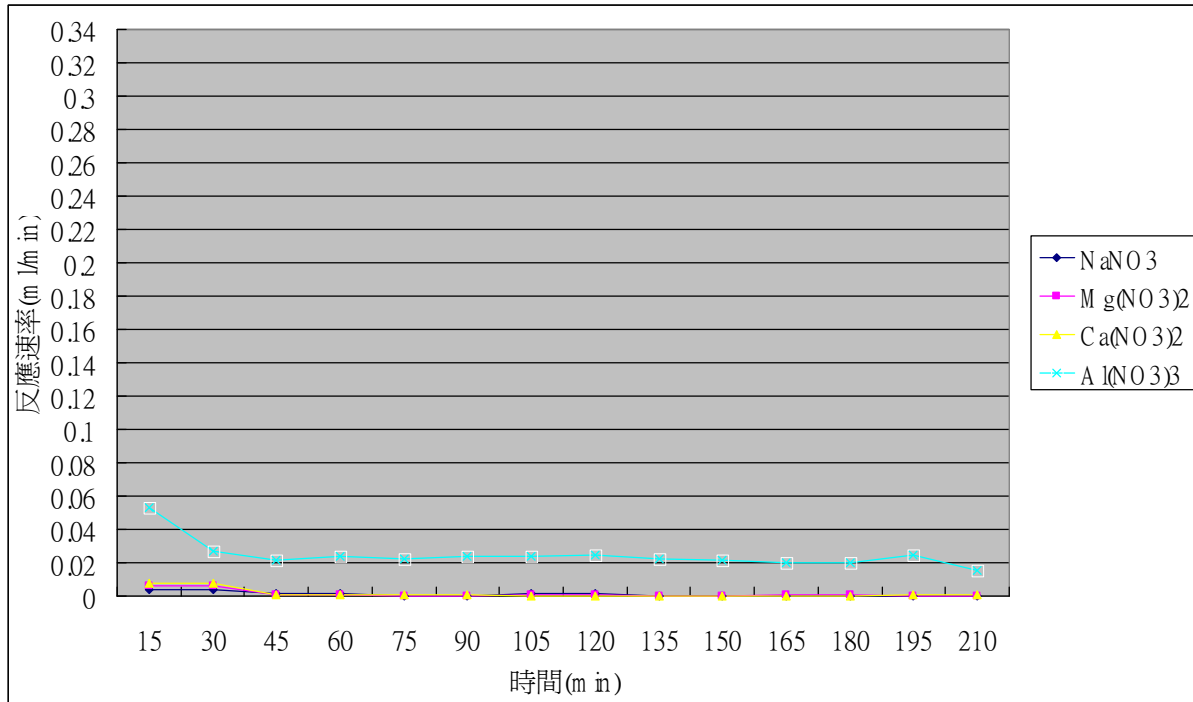
(二) 鎂帶與硝酸鹽類反應之比較

1.1N

(1) 氫氣生成量 (圖12-1)

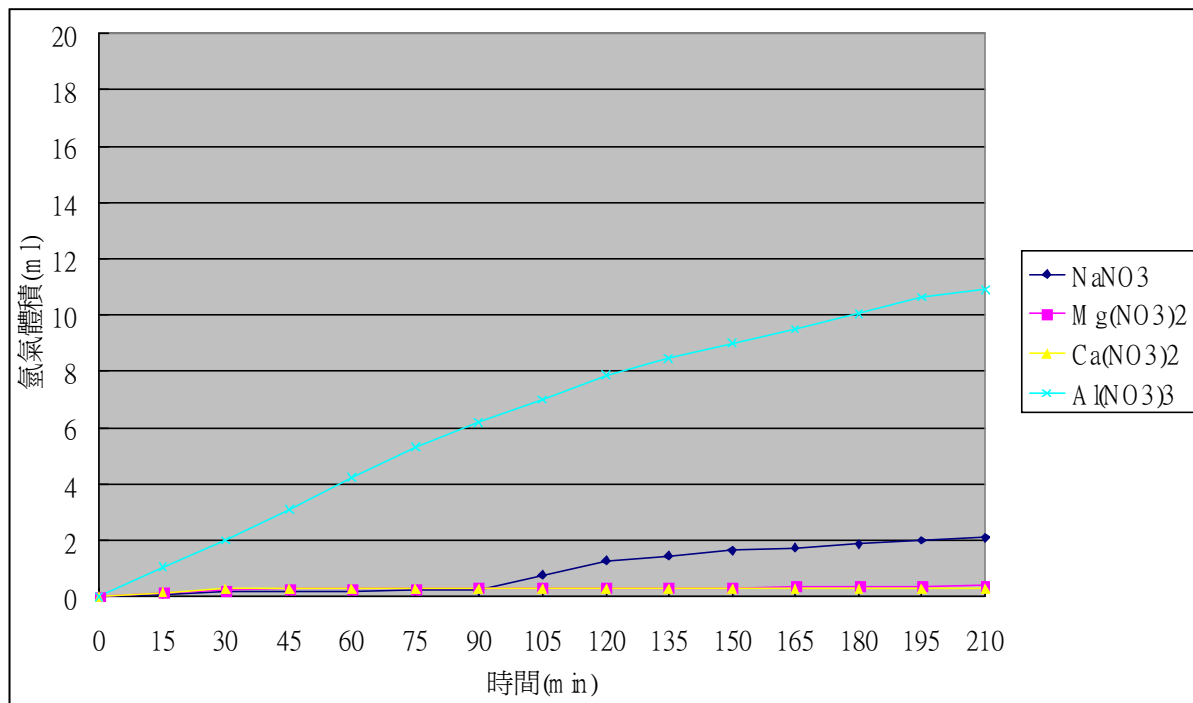


(2) 反應速率 (圖12-2)

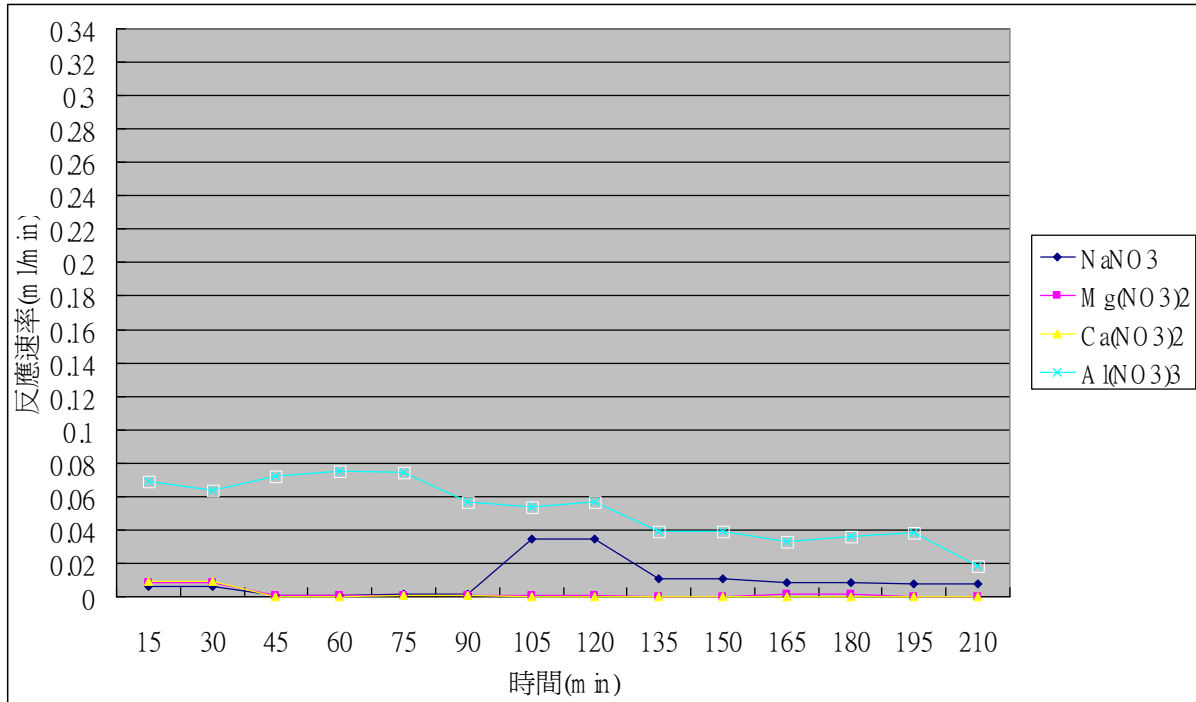


2.2N

(1) 氫氣生成量 (圖13-1)

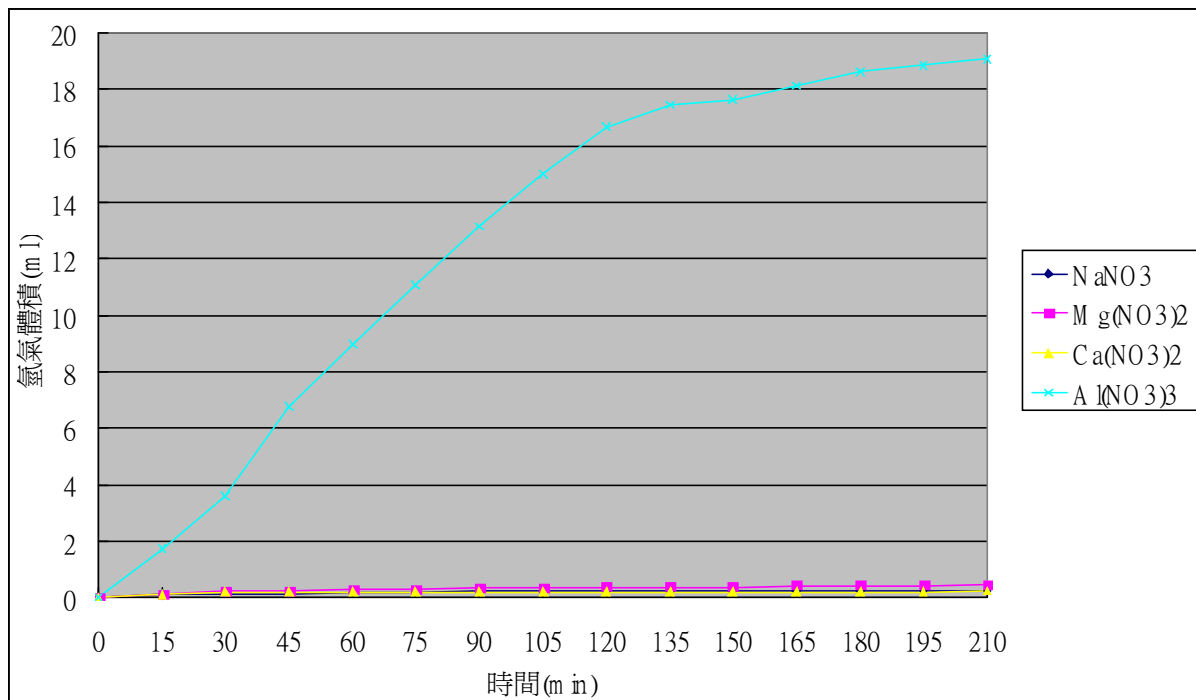


(2) 反應速率 (圖13-2)

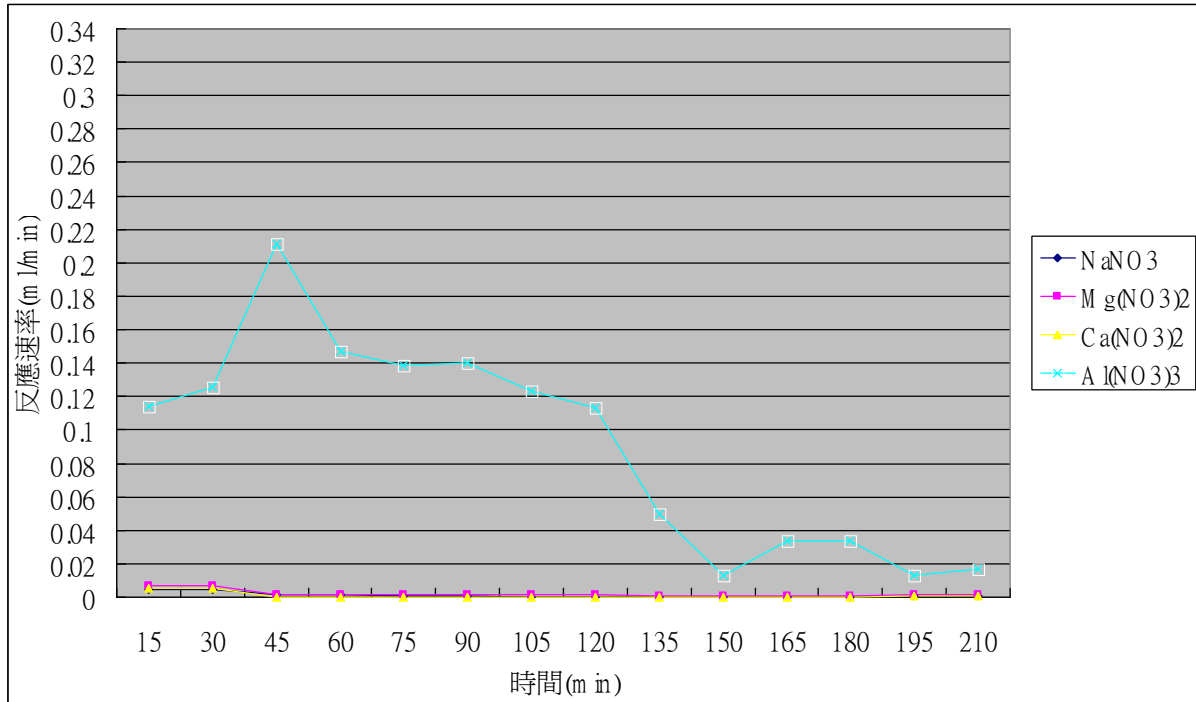


3.3N

(1) 氫氣生成量 (圖14-1)

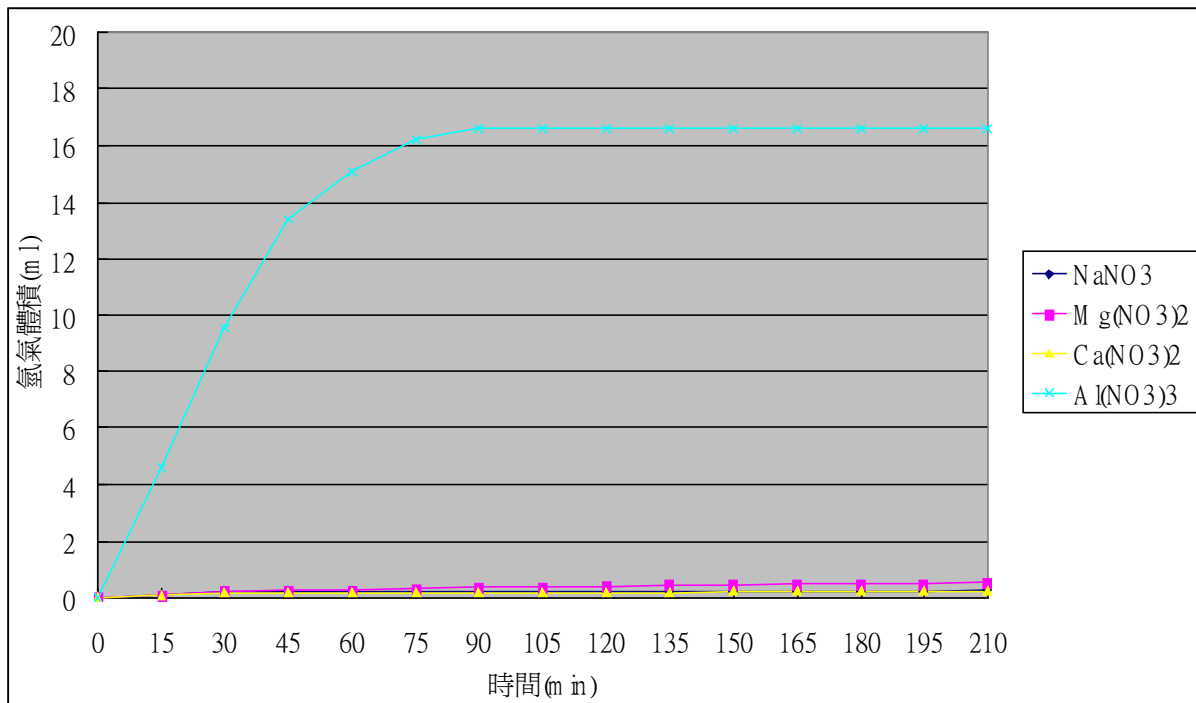


(2) 反應速率 (圖14-2)

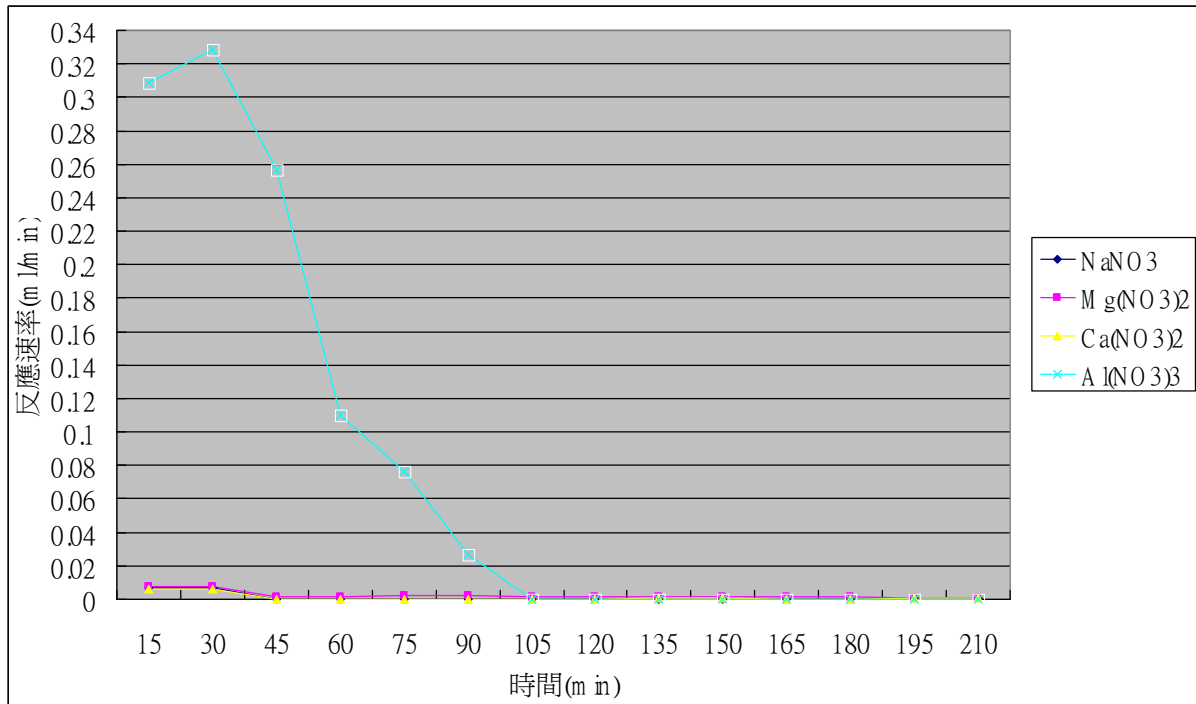


4.4N

(1) 氫氣生成量 (圖15-1)



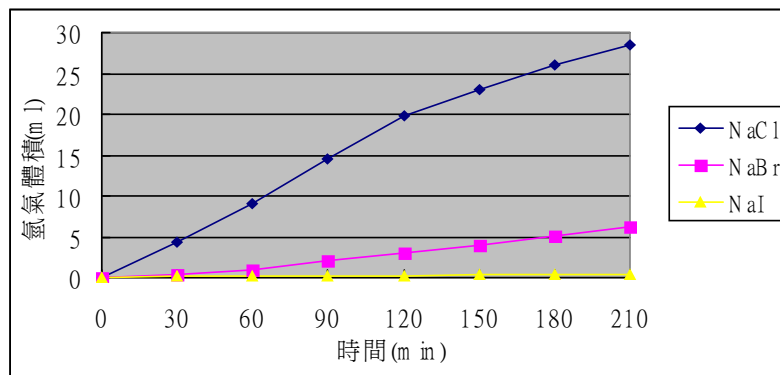
(2) 反應速率 (圖15-2)



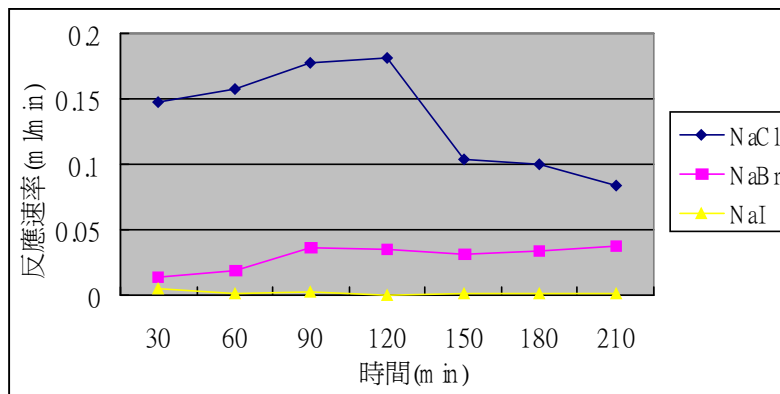
(三) 鎂帶與鹵化鈉反應之比較

1.1N

(1) 氫氣生成量 (圖16-1)

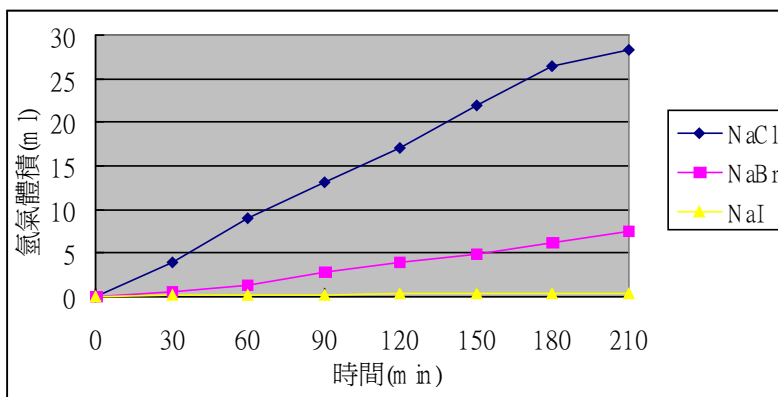


(2) 反應速率 (圖16-2)

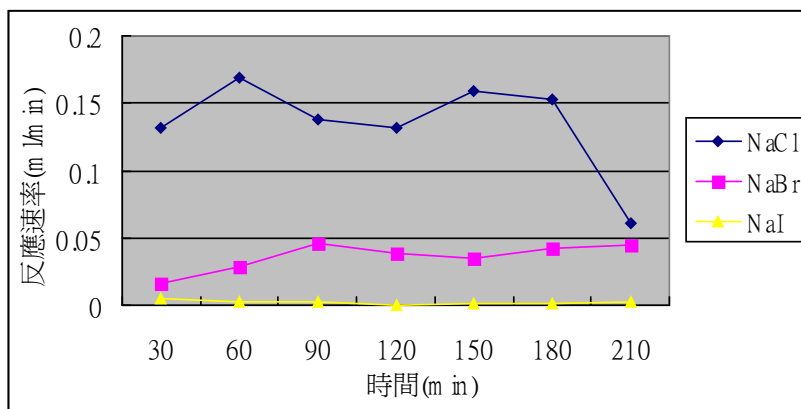


2.2N

(1) 氫氣生成量 (圖17-1)

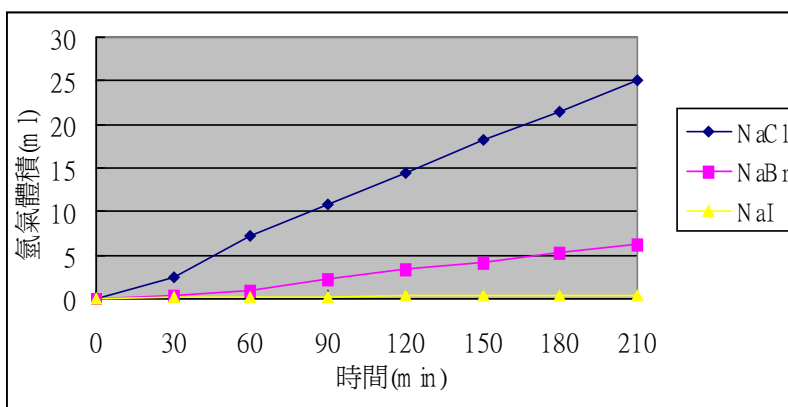


(2) 反應速率 (圖17-2)

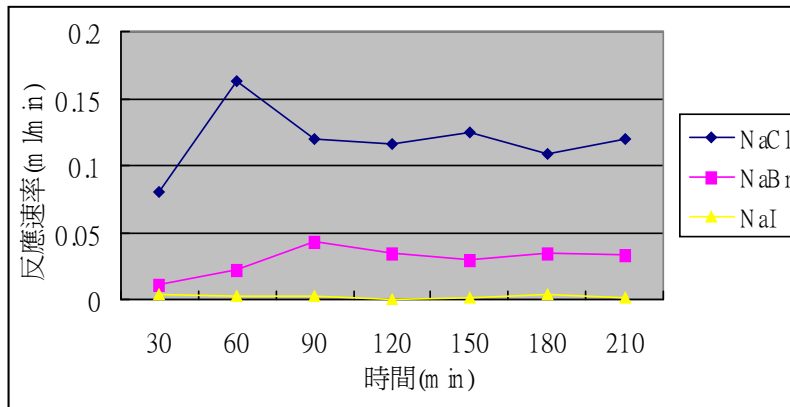


3.3N :

(1) 氫氣生成量 (圖18-1)

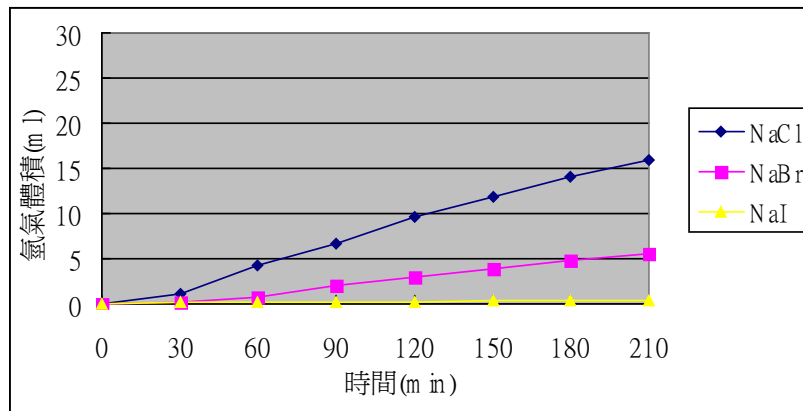


(2) 反應速率 (圖18-2)

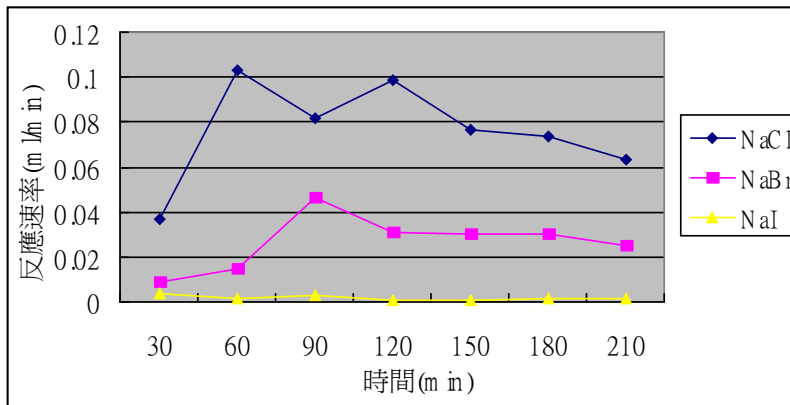


4.4N

(1) 氫氣生成量 (圖19-1)

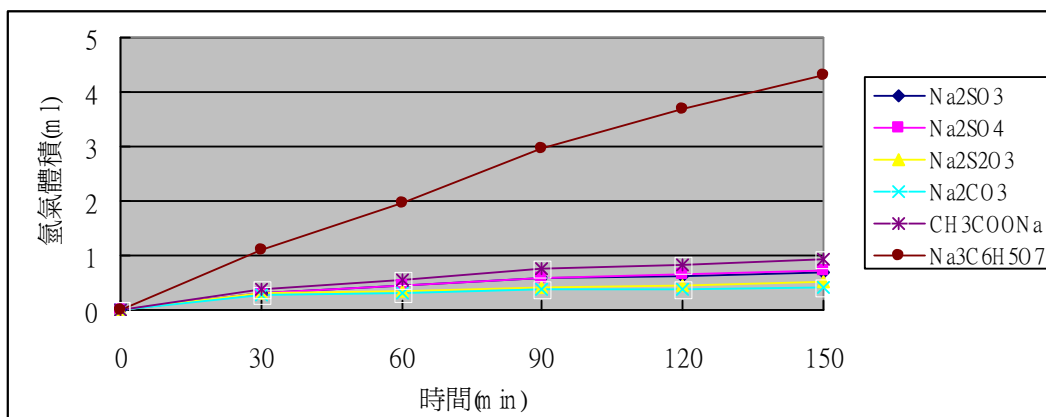


(2) 反應速率 (圖19-2)

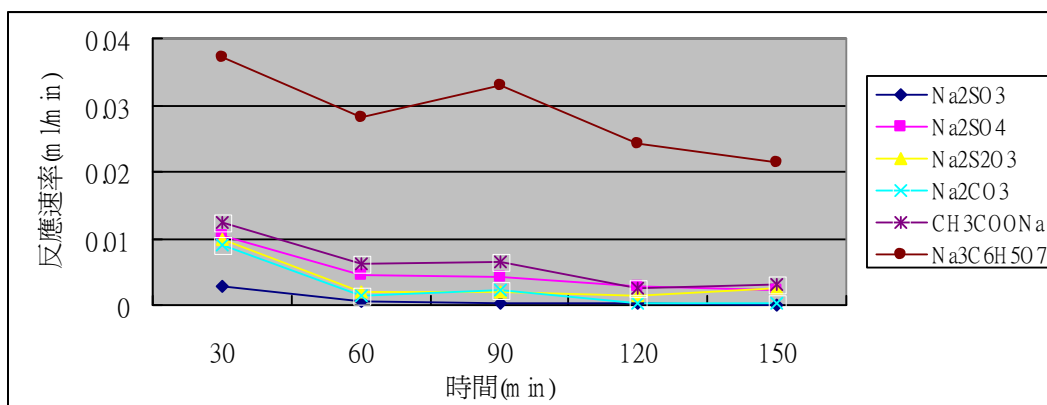


(四) 鎂帶與其他鹽類 (1M) 之反應情形

1. 氫氣生成量 (圖20-1)



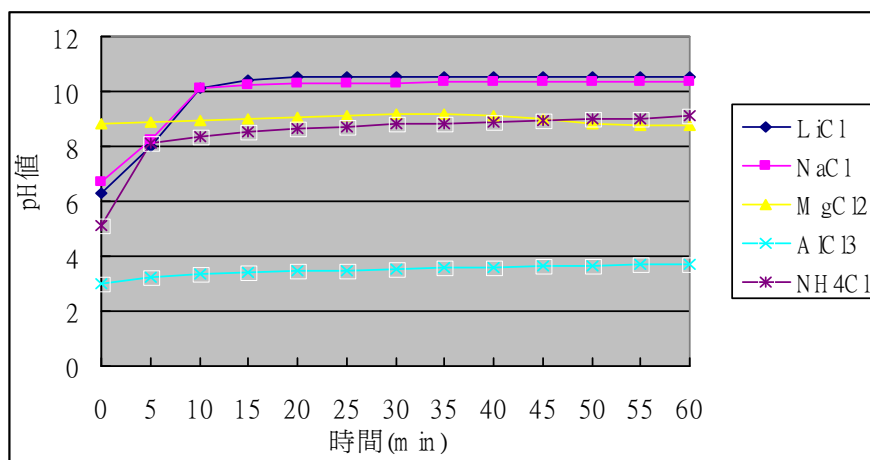
2. 反應速率 (圖20-2)



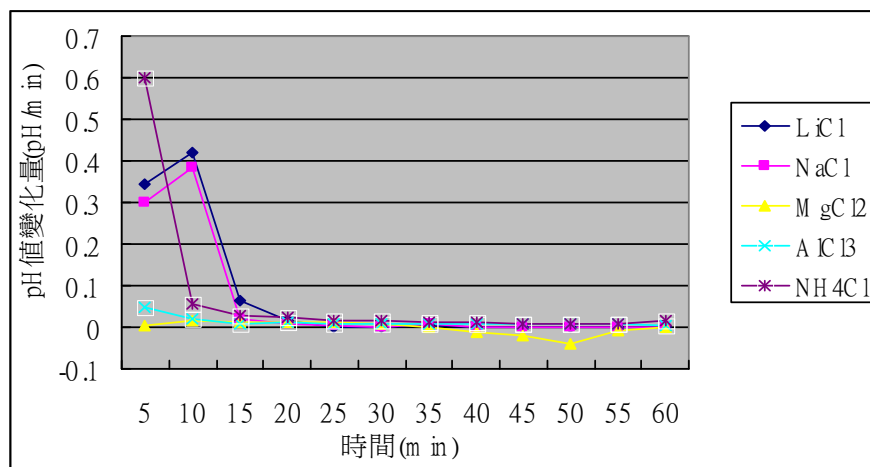
四、不同鹽類水溶液與鎂帶作用時 pH 值之變化

(一) 1N

1. pH 值 (圖21-1)

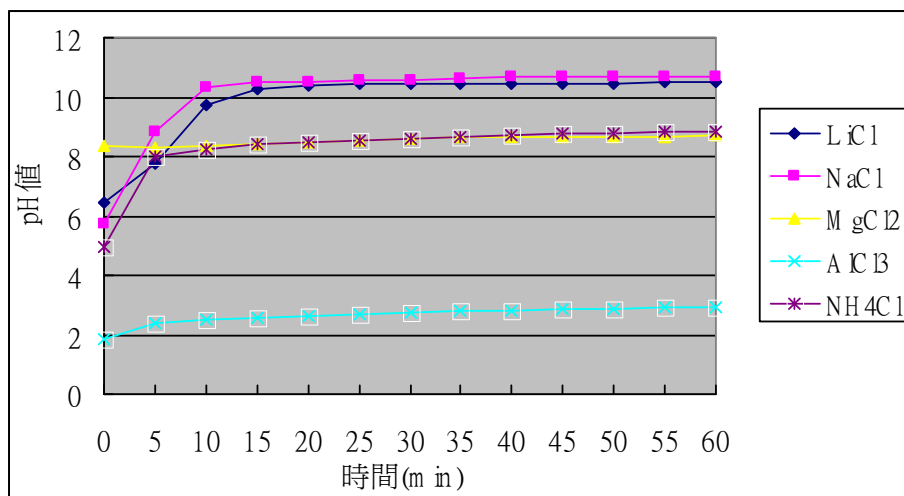


2.pH 值變化量（圖21-2）

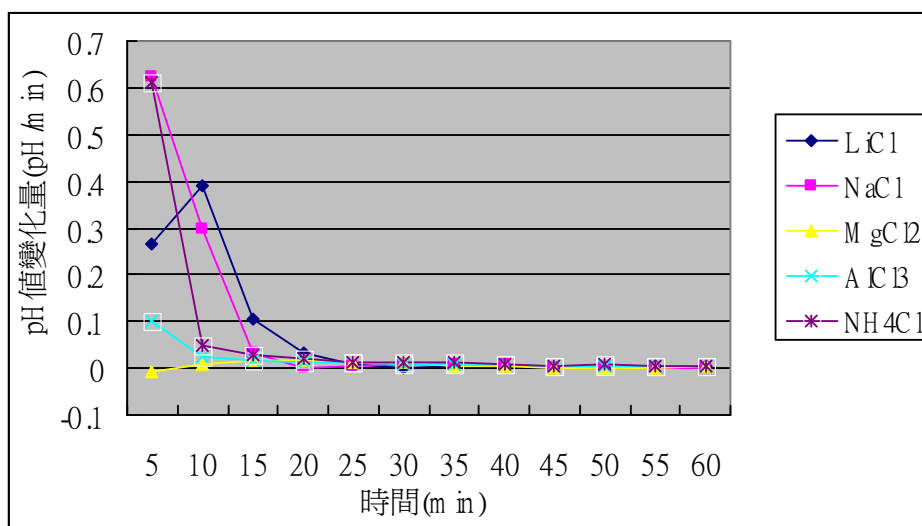


(二) 2N

1.pH 值（圖22-1）

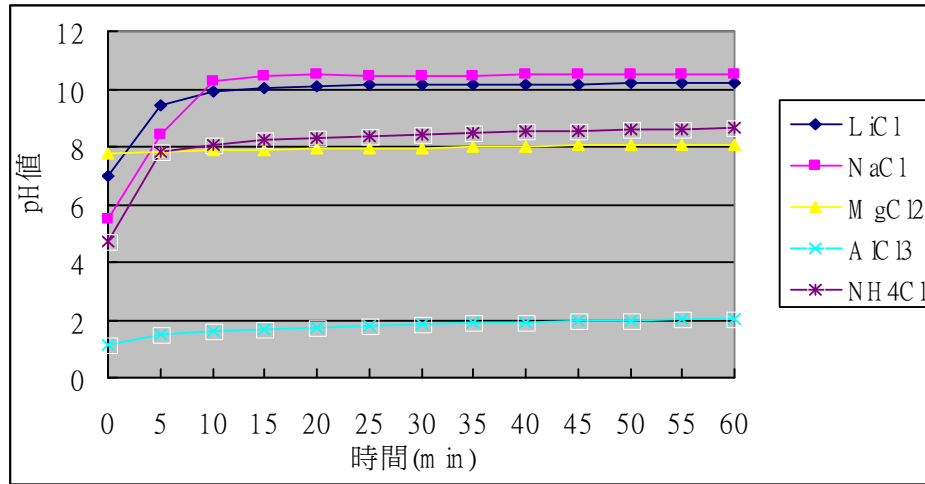


2.pH 值變化量（圖22-2）

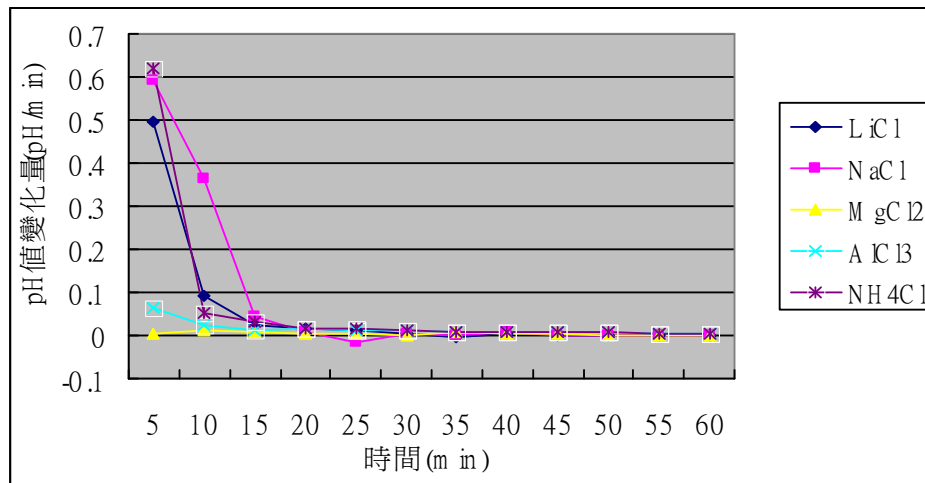


(三) 3N

1.pH 值 (圖23-1)

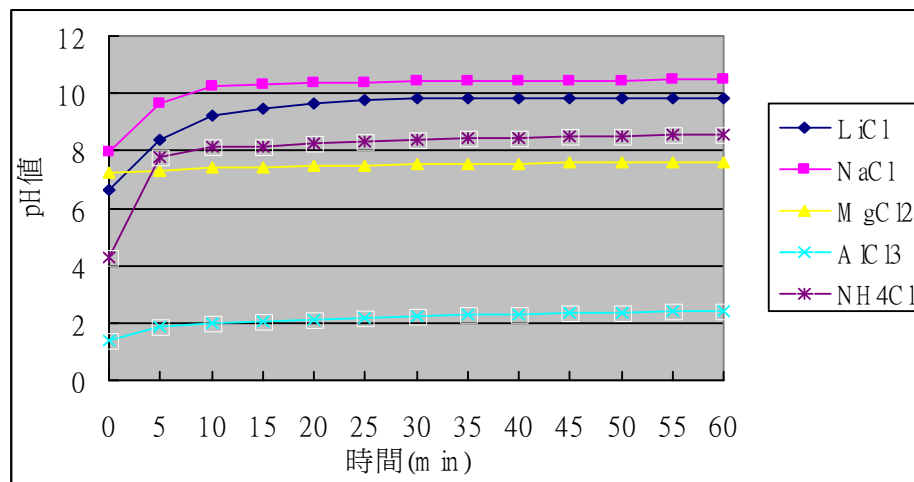


2.pH 值變化量 (圖23-2)

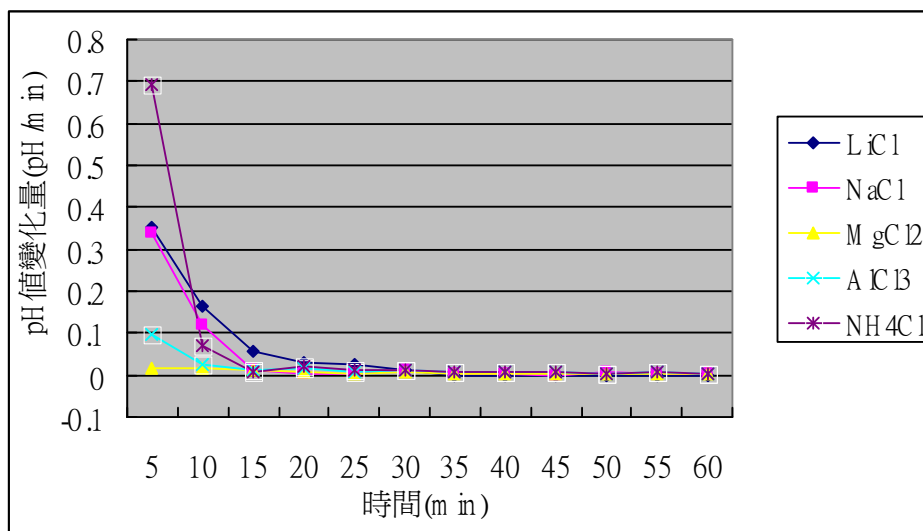


(四) 4N

1.pH 值 (圖24-1)

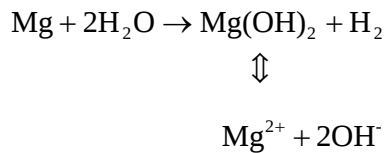


2.pH 值變化量 (圖24-2)



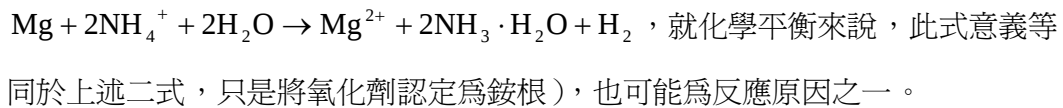
陸、討論：

- (一)由上述各圖表可知，鎂帶除了在鎂鹽(MgCl_2 、 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$)、鋁鹽(AlCl_3 、 $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$)和銨鹽(NH_4Cl)水溶液中，其氫氣生成量與反應速率隨著濃度增加(1N~4N)而增加外，與其他鹽類水溶液的反應所產生氫氣的量及速率與濃度似乎沒有必然地成正相關($M \uparrow$, $r \uparrow$)，不同的鹽類其濃度大小對於氫氣生成影響狀況也不同，和我們以往的觀念有所出入(濃度越大，反應越快)。有時濃度越大，反而有抑制氫氣生成的情形，如氯化鋰、氯化鈉，有可能是離子濃度大之試樣，其反應區域太過擁擠而影響氫氣的生成。
- (二)鎂帶與大多數鹽類水溶液生成氫氣的反應速率一開始較快，隨時間增長而略有起伏，再逐漸減緩。
- (三)由圖 8-1、2~11-1、2 可知，同濃度 Li、Na、K 之氯化物與鎂帶產生 H_2 的量及其反應速率均為 $\text{KCl} > \text{NaCl} > \text{LiCl}$ ，其緣由有待進一步探討。
- (四)由圖 8-1、2~15-1、2 可知，IIIA 族鹽類遠較 IA、IIA 為快，在反應一開始時，鈉鹽和鎂鹽一段時間才有氫氣開始生成，而鋁鹽水溶液與鎂帶一接觸就有明顯氫氣生成；數分鐘後，速率才開始降低，之後再漸漸趨緩，鈉鹽與鎂鹽則在數分鐘內逐漸增加速率，增至一定程度後便在此值做些許起伏變動。
- (五)由圖 7-1、2 可知，氯化銨溶液和鎂帶產生氣體的速率是遠大於其他鹽類水溶液的，因其中含有銨根(為弱酸性的陽離子)，其反應機轉可能不同於其他鹽類，試推論如下：
 1. 由於銨根會和少部分由氫氧化鎂(也就是反應中保護鎂內部的表面膜)所解離出的 OH^- 反應($\text{OH}^- + \text{NH}_4^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3$)，形成氨與水，依勒沙特列原理可進而促使反應加速往右邊：



使表面膜瓦解更為快速，鎂金屬溶解的傾向也更大（ $\text{Mg} \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^-$ ）。

2. 當然，銨根也可能會跟裸露的鎂本身作用，而不經由氫氧化鎂（反應式為



3. 我們分別將酚酞及廣用試紙置入此鎂帶與氯化銨水溶液中，可看出一開始溶液呈現弱酸，隨著反應進行，溶液 pH 值產生變化，最後呈現弱鹼（pH=8.7）。

（六）由圖 16-1、2~19-1、2，鹵鹽（氯、溴、碘）種類對於反應速率體積產生快慢，依序是：氯鹽 > 溴鹽 > 碘鹽。其原因可能是因陰離子取代表面膜的傾向強弱有明顯差別所致。

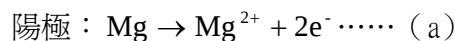
（七）溫度越高，反應速率越快。

（八）由圖 21-1、2~25-1、2，在反應的過程中，因表面膜破壞解離出 OH^- ，故 pH 值有變大的趨勢， AlCl_3 和 NH_4Cl 在反應前呈酸性，在反應後只有 AlCl_3 呈酸性。

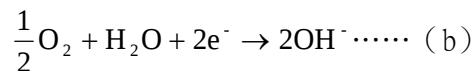
（九） AlCl_3 濃度在 4N 時，其酸性反而不如 3N，推測其原因可能為：濃度過大時，其水解程度降低，消耗氫氧離子量較少，故 pH 值較大。但其與鎂帶反應時，反應速率仍為最大，可能是陰離子濃度的影響（雖然在此反應中，相較於陽離子，影響較小，但仍可能為決定因素），且沉澱物的量也最多，推測因其與鎂帶反應時，其鋁離子水解的傾向亦會增強（從其溶液 pH 值的變化量較大可得知），故其到反應後期沉澱物（推次在此的沉澱物為氫氧化鋁）的量較多。

（十）我們根據上述表格及結果推論鎂與鹽類水溶液之可能反應機構：

1. 鎂帶在純水中無明顯氣體生成，乃其和水於表面生成氫氧化物，阻隔水和內部鎂之間的接觸。

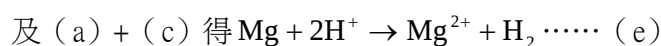
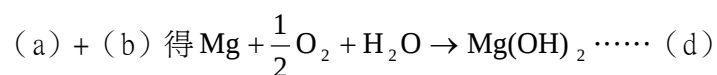


陰極可能的反應有二：



或 $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$ （由水 $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$ 的解離，可提供 H^+ ） $\cdots \cdots (\text{c})$

全反應可得：



因 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 溶解度甚低（ $k_{\text{sp}}=5.6 \times 10^{-12}$ ）使（a）式與（b）式的組合形成（d）式之可能性得以增加。

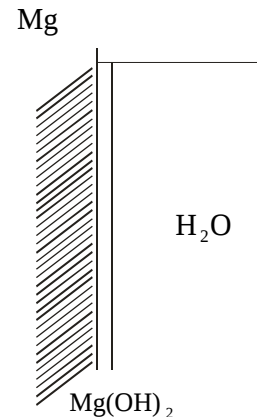


圖 26-1

2. 若是水中含有鹽類（如氯化鈉），則其解離出之陰離子與表面緻密的氫氧化鎂作用，產生氯化鎂（中間物）並溶於水中，水則和內部的鎂帶繼續作用，水中的鎂離子和氫氧根則形成溶解度較小氫氧化鎂的沉澱沉積在試管底。若陰離子為硝酸根，則亦應為類似情形，但反應較不劇烈。

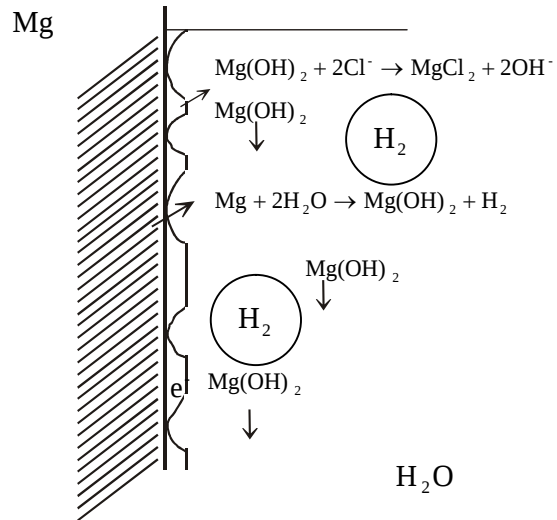
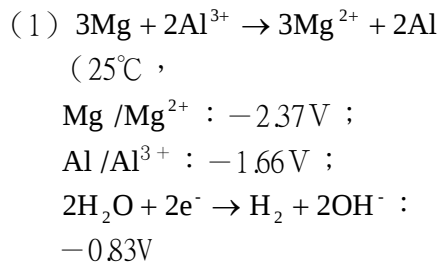


圖 26-2

3. 若是鹽類含有鋁離子，可能的機轉推論如下：



並非指 $\text{Al}_{(\text{s})}$ 一定能在水中生成，

而是 $\text{Mg} \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^-$ 的傾向被增強)

而進一步可能引起下列反應：

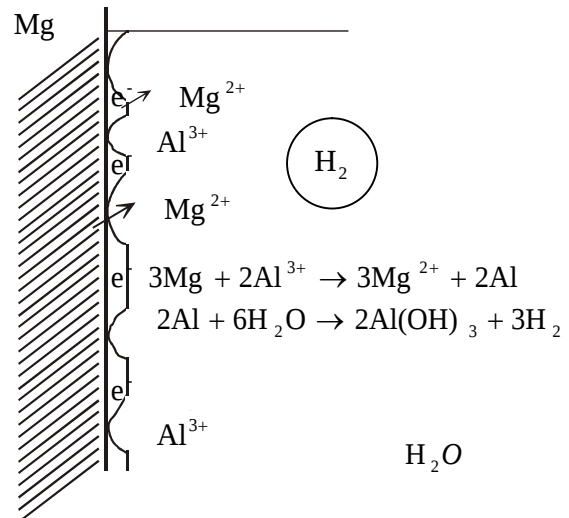
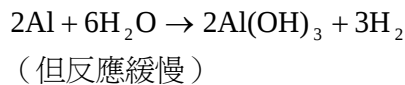
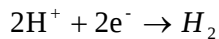
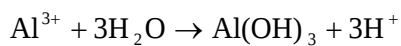


圖 26-3

- (2) 另一可能機轉：



我們分別將酚酞及廣用試紙置入此鎂帶與氯化鋁之試液中，可明顯看出呈現酸性，可見，這就跟先前以水和鎂帶為氫氣來源的反應之機轉有所不同。

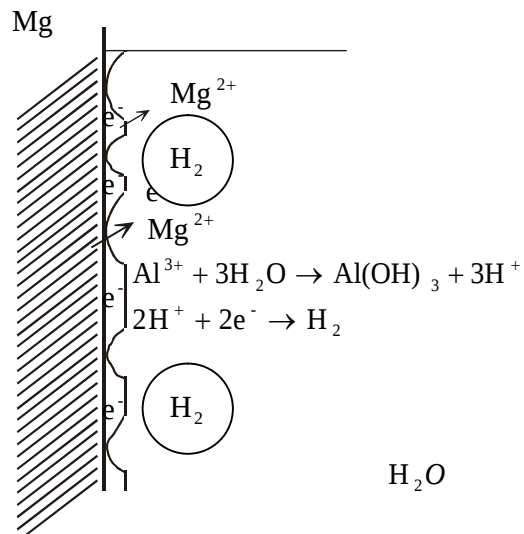


圖 26-4

	$\text{NaCl}_{(\text{aq})}$	$\text{MgCl}_{2(\text{aq})}$	$\text{AlCl}_{3(\text{aq})}$	$\text{NH}_4\text{Cl}_{(\text{aq})}$
酚酞	紅	紅	無	淡紅
廣用試紙	紫	紫	黃	淺藍
與鎂反應後之 溶液酸鹼性	鹼	鹼	弱酸	弱鹼



照片 2-1

表 1-1

柒、結論：

- (一) 鎂帶與鋁鹽 (AlCl_3 、 $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$) 及 NH_4Cl 水溶液反應，其溶液濃度的改變，和氫氣生成量及其反應速率成正相關，與其他鹽類則不一定，不同的鹽類其濃度大小對氫氣生成之影響亦不同。
- (二) 氫氣生成量和速率，大致上呈現出 $\text{NH}_4\text{Cl}_{(\text{aq})} > \text{AlCl}_{3(\text{aq})} > \text{KCl}_{(\text{aq})} > \text{NaCl}_{(\text{aq})} > \text{MgCl}_{2(\text{aq})} > \text{CaCl}_{2(\text{aq})}$ 。基本上陽離子的價數越大，有氫氣生成量減少與反應速率越慢的趨勢，但鋁鹽和銨鹽因具有較明顯酸性，反應較劇烈。或許與半徑大小（電荷密度）、以及陽離子本身也會去競爭有關，也可能為濃度和鎂帶表面積的綜合因素，而硝酸鹽有鈉鹽 < 鎂鹽 < 鋁鹽的情形。
- (三) 鹵鹽較硝酸鹽反應速率大，應是陰離子取代氫氧根能力不同所致，離子小、電荷密度大，則取代的傾向越明顯。硝酸鹽作用甚緩，但仍有作用，將實驗時間拉長，可以看見鎂帶被完全銹蝕崩解的狀況，若將鎂帶靜置在純水裡數天，並無此現象。
- (四) 鎂與鹽類水溶液反應所形成之白色沉澱為氫氧化鎂，若鹽類為 IIIA 族之鋁，則沉澱物中應含有難溶之氫氧化鋁，亦有可能含飽和析出之氯化鎂（中間物），反應變數因而增加，少數黃褐沉澱可能為氮化鎂（原本暴露在空氣而形成之）。
- (五) 鎂與另外五種 1M 鹽類水溶液的作用如圖：，我們發現 2.5 小時內除了檸檬酸鈉溶液中可產生約 4.5m l 氫氣外，醋酸鈉、硫酸鈉、亞硫酸鈉、硫代硫酸鈉、碳酸鈉等，皆生成氣體甚少。
- (六) 推測鋁因活性比鎂小，在鹽類水溶液中並無明顯反應。除非增溫至 50°C ，才有較明顯氫氣生成。
- (七) 在反應的過程中，pH 值有變大的趨勢。
- (八) 溫度和反應速率成正相關。
- (九) 鎂帶與鹽類水溶液反應後，溶液大多呈鹼性 ($\text{pH} > 7$)，對照組亦呈鹼性，僅與 $\text{AlCl}_{3(\text{aq})}$ 反應後溶液呈酸性。
- (十) 在鹵鹽中，氫氣生成反應速率與陰離子在週期表中的位置有關；位置越下方，反應越慢，即 $\text{Cl}^- > \text{Br}^- > \text{I}^-$ 。

(十一) 少數特殊鹽類 (如: $\text{AlCl}_{3(\text{aq})}$) 反應時, 陽離子的水解對氫氣生成之反應速率有很大的影響。

捌、參考資料及其他：

一、參考資料

- (一) 高級中學數理叢書化學第二輯 教育部中等教育司出版
- (二) 嚴宣申 化學實驗的啓示與科學思維的訓練 凡異出版社 民 87
- (三) Keenan Wood Kleinfelter 大學普通化學 曉園出版社
- (四) 物質科學 化學篇 二下 南一書局
- (五) 化學 上 南一書局

二、附錄一：壓力修正 (以氯化鈉、硝酸鈉為例)

(一) NaCl (吸量管 20 毫升)：

氫氣體積 (ml)

修正前：

	1N	2N	3N	4N
0m in	0	0	0	0
30m in	4.42	3.933	2.40	1.1
60m in	9.13	9.00	7.30	4.2
90m in	14.45	13.13	10.90	6.65
120m in	19.90	17.10	14.40	9.6
150m in	23.00	21.87	18.15	11.9
180m in	26.00	26.47	21.4	14.1

修正後：

	1N	2N	3N	4N
0m in	0	0	0	0
30m in	4.21	3.66	2.23	1.02
60m in	8.53	8.41	6.81	3.91
90m in	13.58	12.33	10.21	6.20
120m in	18.81	16.12	13.54	8.99
150m in	21.81	20.71	17.13	11.16
180m in	24.73	25.19	20.26	13.25

$$\text{相對誤差} = \frac{|\text{修正後} - \text{修正前}|}{\text{修正後}} \times 100\%$$

20ml 吸量管每毫升刻度約為 1cm=10mm

修正公式 (20ml)：

$$(760 - \frac{330(\text{水面上吸量管總長}) - 10X}{13.6} - 31.82) \times X = 760 \times V(\text{真實值}), \text{故當 } x \text{ 越}$$

小, 相對誤差越大

$$\text{例} : \frac{24.73 - 26.00}{24.73} \times 100\% = 5\%$$

(二) NaNO_3 (吸量管 5 毫升)：

氫氣體積 (ml)

修正前：

	1N	2N	3N	4N
0m in	0	0	0	0
30m in	0.11	0.18	0.14	0.21
60m in	0.16	0.20	0.18	0.22
90m in	0.16	0.25	0.21	0.23
120m in	0.21	1.29	0.21	0.24
150m in	0.21	1.62	0.21	0.24
180m in	0.21	1.87	0.22	0.24
210m in	0.21	2.09	0.23	0.25

修正後

	1N	2N	3N	4N
0m in	0	0	0	0
30m in	0.10	0.17	0.13	0.19
60m in	0.15	0.19	0.17	0.20
90m in	0.15	0.23	0.19	0.21
120m in	0.19	1.20	0.19	0.22
150m in	0.19	1.51	0.19	0.22
180m in	0.19	1.75	0.20	0.22
210m in	0.19	1.95	0.21	0.23

$$\text{相對誤差} = \frac{|\text{修正後} - \text{修正前}|}{\text{修正後}} \times 100\%$$

5ml 吸量管每毫升刻度約為 4cm=40mm

修正公式 (5ml)：

$$(760 - \frac{330(\text{水面上吸量管總長}) - 40X}{13.6} - 31.82) \times X = 760 \times V(\text{真實值})$$

，故當 x 越大，相對誤差越小

$$\text{相對誤差} = \frac{0.11 - 0.10}{0.10} \times 100\% = 10\%$$

二、附錄二：圖表數據

(一) LiCl ：

氫氣體積 (ml)

t \ N	1N	2N	3N	4N
0m in	0	0	0	0
30m in	2.80	1.80	0.60	1.30
60m in	5.70	4.65	1.20	2.30
90m in	8.10	6.75	2.90	3.80
120m in	10.26	8.24	4.64	4.79
150m in	12.53	9.67	5.77	5.53
180m in	14.95	11.25	6.75	6.20
210m in	17.61	13.00	7.61	6.80

反應速率 (ml/min)

t \ N	1N	2N	3N	4N
30m in	0.093333	0.06	0.02	0.043333
60m in	0.096667	0.095	0.02	0.033333
90m in	0.08	0.07	0.056667	0.05
120m in	0.07216	0.049715	0.057963	0.032898
150m in	0.07567	0.047705	0.037835	0.024675
180m in	0.080503	0.05258	0.032535	0.022427
210m in	0.088667	0.058333	0.0285	0.02

(二)NaCl：

氫氣體積 (m l)

t \ N	1N	2N	3N	4N
0m in	0	0	0	0
30m in	4.42	3.933	2.40	1.10
60m in	9.13	9.00	7.30	4.20
90m in	14.45	13.13	10.90	6.65
120m in	19.90	17.10	14.40	9.60
150m in	23.00	21.87	18.15	11.90
180m in	26.00	26.47	21.40	14.10
210m in	28.50	28.30	25.00	16.00

反應速率 (m l/m in)

t \ N	1N	2N	3N	4N
30m in	0.147222	0.131111	0.08	0.036667
60m in	0.156944	0.168889	0.163333	0.103333
90m in	0.1775	0.137778	0.12	0.081667
120m in	0.181667	0.132222	0.116667	0.098333
150m in	0.103333	0.158889	0.125	0.076667
180m in	0.1	0.153333	0.108333	0.073333
210m in	0.083333	0.061111	0.12	0.063333

(三)MgCl₂：

氫氣體積 (m l)

t \ N	1N	2N	3N	4N
0m in	0	0	0	0
30m in	3.65	4.03	4.33	4.85
60m in	8.20	7.05	7.43	8.24
90m in	10.82	10.02	10.09	11.90
120m in	12.82	12.75	12.47	15.06
150m in	15.77	16.28	14.43	18.54
180m in	18.90	19.83	16.91	20.72
210m in	20.97	22.90	18.80	23.60

反應速率 (m l/m in)

t \ N	1N	2N	3N	4N
30m in	0.121667	0.134167	0.144444	0.161667
60m in	0.151667	0.100833	0.103333	0.113
90m in	0.087222	0.098833	0.088667	0.122
120m in	0.066889	0.091167	0.079333	0.105444
150m in	0.098333	0.1175	0.065222	0.115889
180m in	0.104222	0.118333	0.082556	0.072556
210m in	0.068889	0.1025	0.063111	0.096111

(四)Mg(NO₃)₂：

氫氣體積 (m l)

t \ N	1N	2N	3N	4N
0m in	0	0	0	0
30m in	0.20	0.25	0.21	0.23
60m in	0.22	0.28	0.25	0.28
90m in	0.23	0.30	0.30	0.36
120m in	0.25	0.33	0.34	0.41
150m in	0.26	0.34	0.38	0.46
180m in	0.27	0.38	0.40	0.50
210m in	0.27	0.39	0.43	0.53

反應速率 (m l/m in)

t \ N	1N	2N	3N	4N
30m in	0.0065	0.008167	0.007	0.0075
60m in	0.000667	0.001	0.001333	0.001833
90m in	0.000333	0.000833	0.001778	0.0025
120m in	0.000667	0.000833	0.001333	0.001667
150m in	0.000333	0.000333	0.001111	0.001667
180m in	0.0005	0.0015	0.000667	0.0015
210m in	0.000083	0.000333	0.001222	0.000833

(五) AlCl_3 :

氫氣體積 (m l)

t \ N	1N	2N	3N	4N
0m in	0	0	0	0
15m in	3.30	7.25	9.90	11.25
30m in	7.95	14.50	22.50	24.40
45m in	15.05	21.10	32.50	37.35
60m in	22.10	27.00	39.50	50.00
75m in	28.25	31.80	46.10	59.00
90m in	35.50	35.95	52.70	67.75
105m in	41.25	39.25	58.00	73.80
120m in	47.15	41.90	62.20	77.75
135m in	53.40	46.25	66.00	79.25
150m in	58.65	53.00	69.00	79.60
165m in	63.45	60.25	71.50	79.60
180m in	67.45	67.25	73.50	79.60
195m in	71.25	73.35	74.60	79.60

反應速率 (m l / m in)

t \ N	1N	2N	3N	4N
15m in	0.11	0.241667	0.33	0.375
30m in	0.155	0.241667	0.42	0.438333
45m in	0.236667	0.22	0.333333	0.431667
60m in	0.235	0.196667	0.233333	0.421667
75m in	0.205	0.16	0.22	0.3
90m in	0.241667	0.138333	0.22	0.291667
105m in	0.191667	0.11	0.176667	0.201667
120m in	0.196667	0.088333	0.14	0.131667
135m in	0.208333	0.145	0.126667	0.05
150m in	0.175	0.225	0.1	0.011667
165m in	0.16	0.241667	0.083333	0
180m in	0.133333	0.233333	0.066667	0
195m in	0.126667	0.203333	0.036667	0
210 m in	0.118333	0.13	0.02	0

(六) $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$:

氫氣體積 (m l)

t \ N	1N	2N	3N	4N
0m in	0	0	0	0
15m in	0.80	1.04	1.72	4.63
30m in	1.20	2.00	3.60	9.55
45m in	1.53	3.08	6.78	13.40
60m in	1.89	4.22	8.98	15.05
75m in	2.22	5.33	11.05	16.20
90m in	2.58	6.19	13.15	16.60
105m in	2.94	6.99	15.00	16.60
120m in	3.31	7.84	16.7	16.60
135m in	3.65	8.43	17.45	16.60
150m in	3.98	9.02	17.65	16.60
165m in	4.28	9.52	18.15	16.60
180m in	4.58	10.06	18.65	16.60
195m in	4.94	10.63	18.85	16.60
210 m in	5.18	10.91	19.10	16.60

反應速率 (m l / m in)

t \ N	1N	2N	3N	4N
15m in	0.026667	0.034667	0.057167	0.154167
30m in	0.013333	0.032	0.062833	0.164167
45m in	0.010833	0.036111	0.105833	0.128333
60m in	0.012	0.037778	0.073333	0.055
75m in	0.011167	0.037222	0.069167	0.038333
90m in	0.012	0.028556	0.07	0.013333
105m in	0.011833	0.026778	0.061667	0
120m in	0.0125	0.028333	0.056667	0
135m in	0.011333	0.019667	0.025	0
150m in	0.010833	0.019444	0.006667	0
165m in	0.01	0.016667	0.016667	0
180m in	0.01	0.018	0.016667	0
195m in	0.012167	0.019111	0.006667	0
210 m in	0.007833	0.009333	0.008333	0

(七) NH_4Cl :

氫氣體積 (m l)

$\begin{array}{c} \text{N} \\ \text{t} \end{array}$	1N	2N	3N	4N
0m in	0	0	0	0
10m in	8.73	12.30	14.03	15.00
20m in	13.47	19.53	21.83	24.13
30m in	17.13	25.57	30.93	33.29
40m in	19.63	29.82	35.10	38.99
50m in	23.77	34.60	40.00	44.30
60m in	25.00	38.40	44.40	49.25
70m in	26.75	41.40	48.23	53.75
80m in	28.30	43.97	52.03	57.60

反應速率 (m l / m in)

$\begin{array}{c} \text{N} \\ \text{t} \end{array}$	1N	2N	3N	4N
10m in	0.291111	0.41	0.467778	0.5
20m in	0.157778	0.241111	0.26	0.304444
30m in	0.122222	0.201111	0.303333	0.302222
40m in	0.083333	0.141667	0.138889	0.19
50m in	0.137778	0.159444	0.163333	0.18
60m in	0.041111	0.126667	0.146667	0.165
70m in	0.058333	0.1	0.127778	0.15
80 m in	0.051667	0.085556	0.126667	0.128333

【評語】 040205

用離子與金屬接觸，改變鹽類濃度、溫度等 pH 變化，研究 Mg，Al 表面的溶解，除了 pH 變化的探討較有學理根據，其之部分立論研究動機，學理不足。