

# 探究過程中之科學 思考力定量分析研究

歐陽鍾仁

## 壹、研究目的

培養科學的研究精神，是提高人類生活不可或缺的元素之一。爲了達成目的，如何培養學生科學的思考力，可能是現代科學教育最棘手的問題。至於如何培養科學的思考力，茲希望能夠分析並了解學生的各種思考力的實態，俾能進一步直接應用於指導學生學習科學。

何謂科學思考？站在科學教育工作者的立場，如何掌握學生的思考活動？有關此問題，專家學者的看法，莫衷一是。我個人認爲所謂科學思考就是：「以自然現象爲對象，去建立各種科學的基本概念，或爲學習科學方法，所做的機動性的思考活動。也就是在探究問題的過程（註一）中，所做的一種思考活動。」對於思考的機能（Function）而言，通常包含比較、洞察、辨明、分類、把握相互關係、類推、推理、判斷、抽象等，不一而足。當然在科學思考上，這些項目是層層相連的。每個人遇到問題需要解決的機會非常的多，因此在本文裏，用探究的方式，展開科學學習的活動，如此則在活動的過程中，更需要一番很顯著的思考活動。從以下問題的各階段，如果我們能夠把握各種思考實態，在指導科學時，就能進一步的找到指導學生學習的方法。（註一：探究的過程）

一、把握問題的階段：透過自然現象的觀察，掌握問題的核心。

二、推論的階段：針對如何解決問題作推論。

三、設計驗證的階段：根據推論，用實驗的方法來印證。

四、解釋的階段：整理結果，導出新的科學概念。

五、發展推廣的階段：找出新的問題，並能夠應用獲得的新概念或科學技能。

## 貳、探究過程中科學思考的三種 機能（用三個基軸表示）

在探究事物，解決問題的過程中，能激發思考的特有機能。所謂思考的特有機能，假設有內發性、結構性、經濟性等三種基軸，根據此種假設推進，可以應用在思考的實態上。

### ① 內發性：

將給予的課題完全變爲自己的，不但能夠將之視爲一體，並能積極參與科學

活動的機能，稱為內發性。這種機能是由知性的好奇心、矛盾感、驚訝、強烈的願望等組合而成。在解決問題的過程中，學生必須始終保持活潑主動的態度。

## ② 結構性：

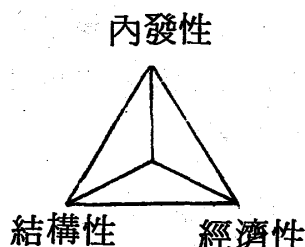
所謂結構性，是指能用邏輯的方式建立新的科學概念，而將問題明確的導出結論的一種機能。過去坊間的一般心理學書中，認為直覺的機能是建立邏輯思考的前提，但事實上，學生要兼具直覺性、分析性的潛能，二者相輔相成，才能建立邏輯的概念，然後問題即可迎刃而解，此為解決問題開端的基本條件。

## ③ 經濟性：

用最簡潔明快的手法逐步解決問題的機能，就是所謂「經濟性」。學生必須富有個別性、靈敏、率直的智慧，能將問題用最有效的方法處理。例如：將問題順利的組織起來，在作研究實驗的過程，將各種事項用記號或圖表來表示……等。

上述三種基本機能，並不特別具有階段性、層次性，而具有相乘的特質，所以它是一種有機的型態。如果能融合內發性、結構性、經濟性三種機能為一體，則適為科學思考力的特徵。

此三種機能，如圖所示，可用三根柱子來表示，並將每一條線依定量的方式尺度化。如果將每一個學生的實態，以此方式顯示，則會出現三角形的圖表。本研究就以此圖的不同型態來衡量學生的思考力。



理論上，在探究的過程裏，任何一個階段都可以假設內發性、結構性、經濟性等三種基軸，使之圖表化而定量化，但不同的問題在實際解決的階段裏，這種機能的實態，亦因問題而多少有異。例如明瞭學生的內發性的機能，在把握問題的階段，如問題較複雜，則問題會以較不單純而複雜的形態出現，對問題的解釋可能導致兩種以上的情形。因此，在推論的階段，把握問題的方向性究竟能維持多久顯然是最重要的關鍵。如果能夠使各階段的每一機能更具體化，則更能清楚地掌握學生思考的實態，因此要將此三種基軸分化使每一基軸分成五項，得以評量學生思考的深度。

下表是根據前述假設特別設計的。在解決問題的五個階段裏，各作一矩陣衡量表 ( The Table of Evaluation Marix )。(註二)

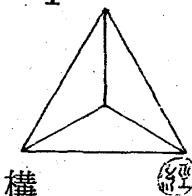
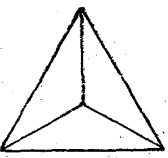
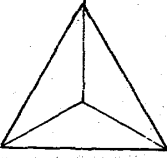
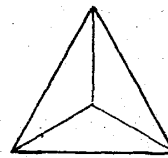
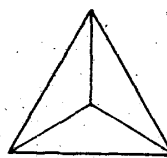
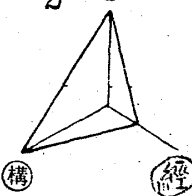
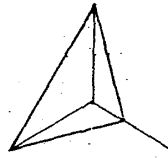
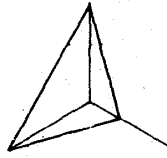
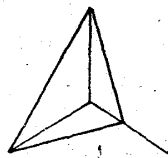
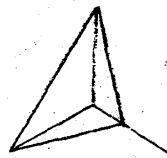
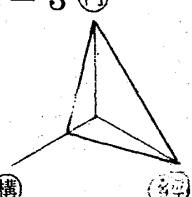

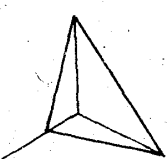


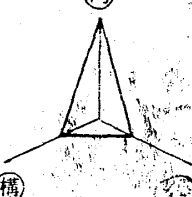
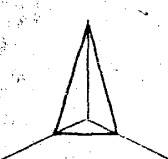
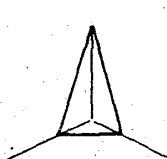
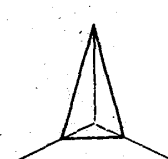
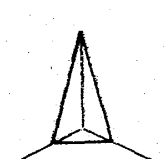
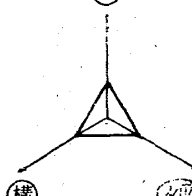
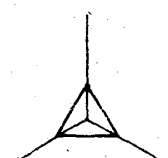
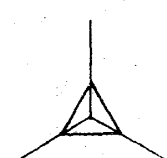
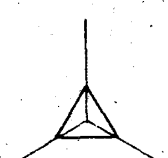
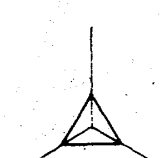
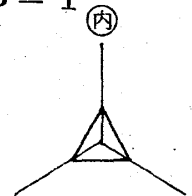
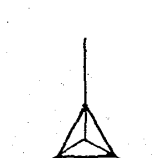
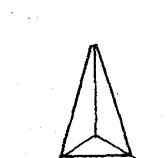

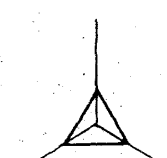
## 參、研究過程的科學思考實態和分析

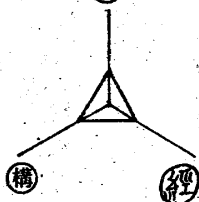
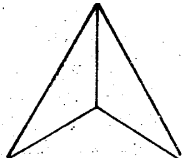
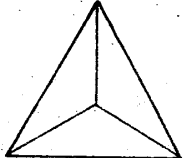
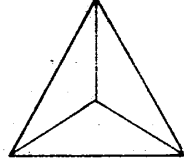
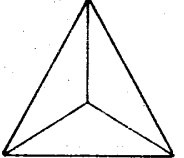
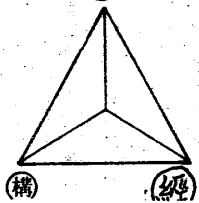
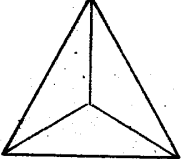
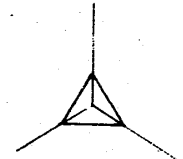
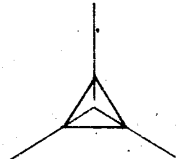
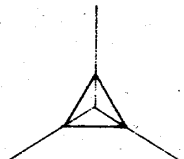
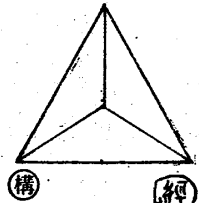
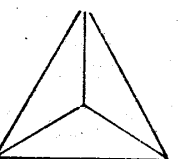
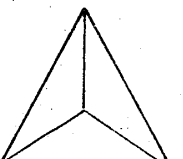
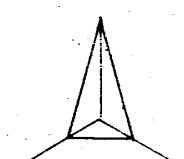
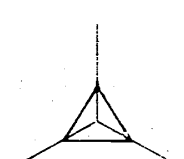
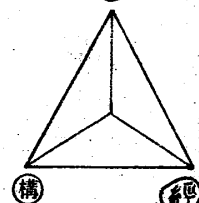
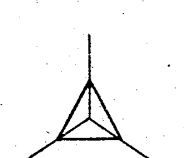
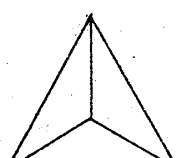
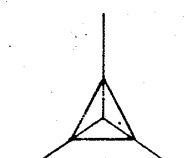
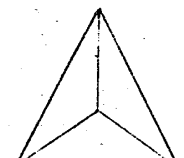
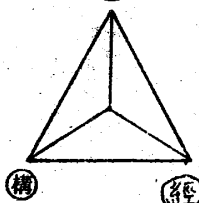
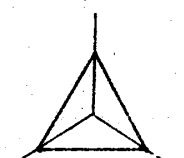
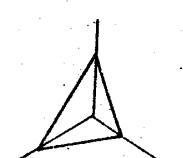
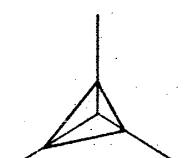
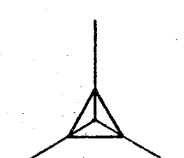
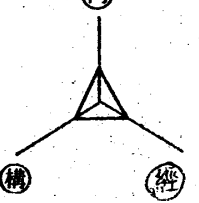
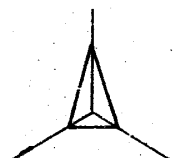
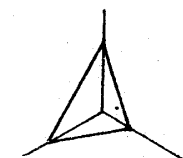
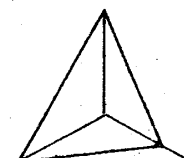
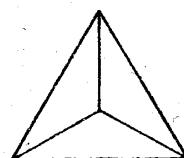
用上述方法來分析學生的科學思考力，從每個階段、過程了解學生的實態，有助於指導學生的學習方向。因此茲將每一階段思考的分析圖，以連續方法作有機性的歸納，希望在解決問題的過程裏，教師能掌握學生思考的實態，並將思考實態用各種定量圖形表示，作成多種型態 ( Patterns )，針對不同的型態，尋求指導學生的途徑。

### (1) 各種分析圖的型態

茲以台北市立西松國中一年級的新生 ( 尚未接受物理、化學的課程者 ) 為實驗的對象，用若干問題讓學生實際去解決。根據探討學習的五個階段——把握問題、推論、設計驗證、解釋、發展推廣，和研究的三種基本機能——內發性、結構性、經濟性，將每一個學生測驗的結果予以量化的分析，畫出實態分析圖。就理論觀點而言，這些分析圖的型態非常多；不過在國中教師的協助下，從教學的過程中分析學生的思考力，最後可歸納、分類成以下 12 種型態：

( 註二：矩陣衡量表係本研究著者之創見，為評量標準之參考表；而對西松國中學生測驗所作的實態分析表，類型很多，經多次研究，認為較可分析之類型約可歸納成 12 種，係對某特定抽樣團體之類型表。 )

把握問題	推論	設計驗證	解釋	發展推廣
A-1 (內) 				
A-2 (內) 				
A-3 (內) 				
A-4 (內) 				
A-5 (內) 				
B-1 (內) 				

把握問題	推 論	設計驗證	解 釋	發展推廣
B-2 (內) 				
B-3 (內) 				
B-4 (內) 				
B-5 (內) 				
C-1 (內) 				
C-2 (內) 				

(352)

		1. 把握問題	2. 推論	3. 設計驗證	4. 解釋	5. 發展推廣
		多面性	方向性	持久性	安定性	指向性
內 發 性	3分	同時可以找出3個以上的問題。	3分 所作的推論完全針對問題，方向很正確。	3分 能正確把握解決問題的方向，且富持久性。	3分 針對問題與預測，有主動解釋的意思。	3分 問題的意識很清楚，很有發展性。
	2分	同時可以找出2個以上的問題。	2分 所作的推論，雖然完全針對問題，但方向有點模稜兩可。	2分 對解決問題有持久性。	2分 針對問題與預測，能夠解釋，但連貫性比較差。	2分 問題的意識與前面的學習很有連貫性。
	1分	只能找出1個問題。	1分 所作的推論與解決問題的方向完全脫節。	1分 對解決問題的持久性不很堅定。	1分 針對問題與預測，所做的解釋都缺乏連貫性。	1分 問題的意識與學習的內容並無關連性。
	0分	無法找出問題。	0分 無法作推論。	0分 根本沒有持久性。	0分 根本無法看出解釋的意圖。	0分 無法了解問題的本意。

		1. 把握問題	2. 推論	3. 設計驗證	4. 解釋	5. 發展推廣
		合 理 性	邏 輯 性	次 序 性	歸 納 性	邏輯的推廣性
結構性	3分	把握問題的方法很合理，而且很有根據。	3分 所作的推測，很有道理，根據也很清楚。	3分 實驗的設計很有過程性，也富有邏輯性。	3分 能把握作出數據的前後關連和分析，並能找出有關的科學概念。	3分 能根據已知的概念，將所得的問題進一步發展。
	2分	把握問題的方法直覺性很強，但沒有很大的根據。	2分 預測較具直覺性但很有道理。	2分 雖然能作實驗計畫，但過程與方法不具邏輯性。	2分 對於數據所指出的概念，能大概的解釋。	2分 雖能把握已知的概念，對於問題的發展性較差。
	1分	把握問題的方法很模糊。	1分 雖然會作預測，但沒有道理。	1分 實驗的計畫，有很多的錯誤。	1分 所作的數據解釋，與事實大有差別。	1分 所得的問題無法與現成的概念連貫。
	0分	無法把握問題。	0分 根本無法作預測。	0分 根本無法作實驗計畫與驗證。	0分 根本無法解釋數據。	0分 根本無法發展問題。

( 350 )

		1. 把握問題	2. 推論	3. 設計驗證	4. 解釋	5. 發展推廣
		選別性	組織性	技術性	選擇性	應用性
經濟性	3分	選別問題的根據很清楚，能針對問題本質，作進一步的發展。	3分 所作的推理，設計計畫都很清晰。	3分 實驗的方法很具體，所得的結果，和推理完全符合。	3分 能針對問題的解決，選擇正確的數據。	3分 能夠完全利用所學的方法，作出實驗的計畫。
	2分	選擇問題的根據很清楚。	2分 雖然能夠推理，但有點不清楚。	2分 雖有具體的實驗方法，但驗證的過程較浪費時間。	2分 能選擇數據，但卻無法完全配合問題的解決。	2分 能利用科學方法作實驗計畫，但計畫缺少完整性。
	1分	選擇問題的根據不清楚，曖昧不明。	1分 稍能作推理，卻模糊不清。	1分 沒有具體的實驗方法，因此無法驗證推理的正確性。	1分 選擇解決問題的數據，可用性很小。	1分 無法利用所有的科學方法，作實驗計畫。
	0分	根本無法選別問題。	0分 根本無法作推理。	0分 根本無法作出實驗設計。	0分 根本無法選擇針對問題的數據。	0分 根本無法作出實驗計畫。

根據上面所畫出的 12 種型態，加以歸納分析，發現下列幾種不同的傾向：

- ① 如 A - 1 ~ A - 5 屬於不規則的機能支配整個過程者。
- ② 如 B - 1 ~ B - 5 屬於各階段的機能，很有規則性與對稱性者。
- ③ 如 C - 1 ~ C - 2 屬於各階段的機能，很有規則性與對稱性者。

## (2) 指導學生的途徑

針對上列 12 種型態，可得到下面的結論：

### ① A - 1

這類型的學生在解決問題的每個階段裏，其內發性、結構性、經濟性三種機能相當優異。指導此類型學生，只需加強內發性，其後的結構性、經濟性自然發展得很好。

### ② A - 2

這類型學生的內發性和結構性比較完整，經濟性機能則有缺點，因此指導時宜讓學生多作實驗，吸取直接經驗。

### ③ A - 3

這類型學生的內發性和經濟性較強，但是結構性不足。教師對此類型學生宜加強科學方法的訓練，尤其數量關係、因果關係的推理以及邏輯方面的思考更需注重。

### ④ A - 4

這類型學生的內發性十分完整，結構性和經濟性機能有待加強。在 A - 2、A - 3 已說明過，此類型的學生需要較多的參與實驗機會，以期從中獲得經驗，促進經濟性的機能。並且由老師輔導，給予學生一些有關數據的問題，似加強因果關係的推理和邏輯的思考。

### ⑤ A - 5

對於教師而言，這類型學生比較棘手，他們需要接受個別指導，否則很難收到效果。

### ⑥ B - 1 和 B - 2

從把握問題和推論等階段可充分看出，這兩類型學生的通病是：科學思考的三種機能比較差。他們上課時多半不採取主動，對於課堂上所講解的知識，反應也比較遲鈍。所以老師應增加實驗次數，從實驗中灌輸學生科學知識，並加強思考力訓練。

### ⑦ B - 3 和 B - 4

這兩種類型的學生，一般性的知識很豐富，卻缺乏處理事情的經驗，必須給

予更多參與實驗的機會，並訓練他多用腦力思考。

#### ⑧ B-5

這類型學生往往憑直覺判斷事物，所以訓練的重點在於：一個階段到另一個階段的過程中，切實運用思考力，避免憑直覺判斷。先讓學生作觀察記錄，再逐步加以訓練，加強內發性機能。但是老師不可忽視，這類型學生最需要鼓勵。

#### ⑨ C-1

這類型學生比較缺乏連貫性。訓練的方法類似 B-5，在每個階段的轉變過程中，讓學生認清問題的核心，並鼓勵其加強連貫性的維持。

#### ⑩ C-2

這類型學生的特點是：當探討的課程進行到最後階段時，其思考能力越敏銳。這是優點，但是必須避免其顯露出 B-5 或 C-1 類型的缺點。老師指導這類型學生該在每個階段裏給予適當的刺激，以維持學習的進度。C-2 型學生把握問題和推論的階段比較模糊，邏輯推理卻很強，反應也比一般學生快。

上述 12 種型態，在此只能大略列舉其中具有代表性的特徵。事實上從實際教學經驗中分析，學生除了上面 12 種型態外，有的學生具備兩種或兩種以上的特質，表現得相當複雜，在統計學上這種類型屬於特殊型，以後有機會將就特殊型學生再作介紹。

## 肆、教學診斷實例

根據上述的構想，設計出實際教學方法。讓國中一年級的學生，在解決問題的過程中，盡量運用思考力來分析。下面是教學活動的實例記錄。

### I 教學單元 各種水溶液

### II 教學目標

觀察水溶液，並透過各種實驗的方法，使學生建立水溶液中溶有氣體的概念。

### III 教學概況

將市面上出售的汽水，打開瓶蓋後，拿表面沾水的五毛錢硬幣放在瓶口，讓學生觀察五毛錢硬幣上下跳動的狀態。（註三）

#### a 觀察並記錄

#### b 根據學生所感覺、觀察的事項，作詳細的記錄。



汽水瓶

**把握問題**

從觀察中列舉出問題及其理由。

**推論**

在學生提出的問題中，就「到底是什麼東西推動瓶口的五毛錢硬幣，並使它跳動呢？」的問題，讓學生說出自己的推論，且加以記錄。

**設計驗證**

① 從學生的推論中，大多數的說法是：「打開汽水瓶蓋後，瓶底衝出一種力量推動五毛錢，這種力量是不是二氧化碳產生的？」讓學生自己想辦法證明這項推論。

② 將學生所作的推論整理起來，要他們想想看，是否可作成實驗？

③ 選擇可行的實驗方法。

**解釋**

從實驗的結果，學生有什麼收穫？把實驗得到的結果記錄下來。

**發展推廣**

實驗所得的結果，是否仍存在著學生進一步想知道的事項？將它記錄下來，說出理由，根據問題再讓學生推論、作實驗。

**IV 學生思考的型態**

在此我們可看出學生思考型態中，最具代表性的三個例子（O生、K生、S生），關於連續分析這三名學生的結果如下：

（1）O生（女）的思考情形診斷

**一、各階段的結果****（把握問題階段）**

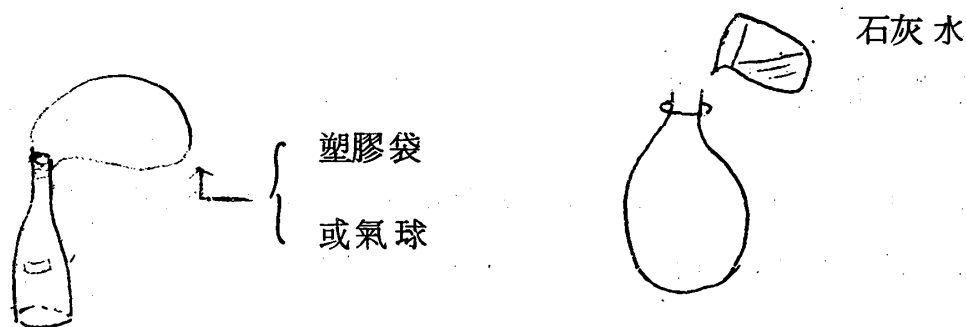
- ① 什麼東西使五毛錢硬幣跳動？是不是汽水瓶中有東西要往外跑？
- ② 打開瓶蓋後會出現泡沫，這種泡沫是什麼東西？
- ③ 為什麼打開瓶蓋就會出現泡沫呢？
- ④ 如果水溫不相同，泡沫出現的程度也會不同嗎？
- ⑤ 搖動汽水瓶時，為什麼瓶中的物體會噴出來？

**（推論階段）**

瓶中汽水所溶解的氣體是不是二氧化碳？

**（設計驗證階段）**

- ① 打開瓶蓋時，收集瓶中出現的氣體，加以研究即能明瞭。
- ② 把石灰水加入所收集的氣體，搖動看看。（是否會有沈澱？）



## (解釋階段)

將收集的氣體放入石灰水會有白色沈澱，這氣體大概是二氧化碳。由此可知，汽水是由二氧化碳溶解於水中製成的飲料。

## (發展推廣階段)

① 如果對於其他的碳酸飲料，用相同的方法分析，是否也能得到相同的結果？希望對這個問題再作探討。

② 水溶液中除溶解著氣體外，是否還有其他的東西溶解其中？

## 二、分析

O生舉出想知道的五個問題。由此可看出，她能從多方面觀察老師給予的課題，並提出疑問。

## (把握問題階段)：

從O生提出的問題看來，她在把握問題階段具有很大的潛力，換言之，其內發性很強，在評量表上的多面性一欄，她可以得到最高分③分。結構性方面，O生不但注意五毛錢硬幣的震動，還能想出震動的原因，合理性也能拿到③分的高分。至於其經濟性，可從打開瓶蓋後，她注意到跑出的氣體一節，得知她的探究精神，因此在選別性這欄也可得到③分。O生在把握問題階段的評分矩陣表得分情形如下：

(③-③-③)

## (推論階段)：

O生指出溶液中的氣體使得五毛錢硬幣跳動。這種推論是運用已知的常識，把對二氧化碳的了解用於新的情況，她的方向性（內發性）可得③分。O生還能把碳酸和跑出的氣體聯想在一起，這種推論是有根據的，因此她的邏輯性（結構性）也是③分。O生探討問題的方向符合解決問題的重點，可知她對事情的透視力很強，在組織性（經濟性）方面應給予③分。O生在推論階段的評分矩陣表得分情形如下：

## (設計驗證階段)：

如上所述，O生能針對問題設計驗證，而實驗的方向很正確，在持久性（內

發性)方面可得③分。結構性方面,她使用正確的方法區別氣體的特性,並驗證自己的推論是否正確,所以O生的次序性有③分。此外,O生用具體的圖來說明實驗的方法,她的技術性(經濟性)當然也是③分。O生在設計驗證階段的評分矩陣表得分情形如下:

( ③-③-③ )

(解釋階段):

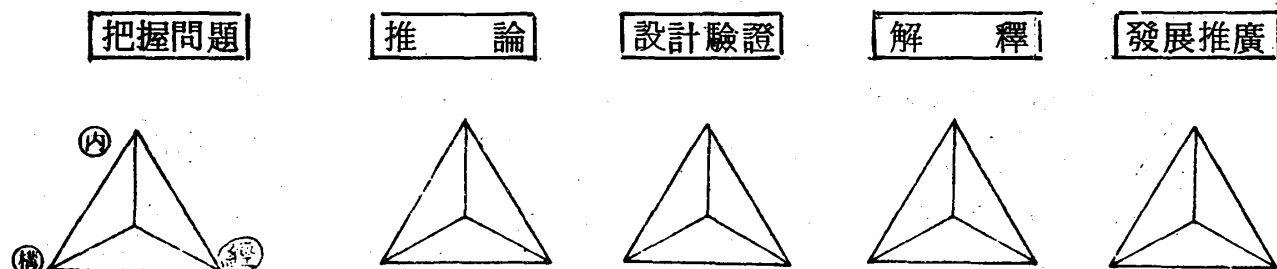
O生在解釋階段中說:「將收集的氣體……」表示她能針對問題將實驗的結果作正確解釋,所以O生的內發性很強,其安定性是③分。O生又指出:「放入石灰水會有白色沈澱……」可見O生以分析的方法解釋問題,其結構性是③分,此外,她對數據的選擇性(經濟性)也可得③分。O生在解釋階段的評分矩陣表得分情形如下:

( ③-③-③ )

(發展推廣階段)

O生在此階段,能從同一觀點比較溶有氣體的水溶液,這種思考方向對於問題的發展相當有幫助,所以O生的內發性可得③分。她還能運用以前所學的知識於新問題上,在邏輯的推廣性(結構性)方面是③分。最後談及O生將舊有實驗知識應用到新的知識上,所以她的應用性(經濟性)也是③分。

O生診斷分析圖:



## (2) K生(女)的思考情形診斷

## 一、各階段的結果

(把握問題階段)

- ① 如果汽水的溫度較高,硬幣是不是較容易跳動?溫度多少較適宜?
- ② 汽水的溫度從高到低,會有什麼情況發生?
- ③ 在硬幣中央穿一個洞,是不是還會跳動?
- ④ 瓶口放置乾燥的硬幣,是不是比沾了水的硬幣更容易跳動?
- ⑤ 汽水中溶解的氣體全跑光了,硬幣還會不會跳動?

(推論階段)

硬幣跳動是不是因為碳酸水的緣故?(水或果汁大概不會有這種現象)

(設計驗證階段)

① 把打開瓶蓋的汽水放久一點，看看所發生的情況。要去掉汽水中的氣體，只需打開汽水瓶蓋放久些，讓氣體跑掉就可以。

② 再將五毛錢硬幣放在瓶口，觀察硬幣會不會跳動，並作判斷。（可以把汽水加熱，使碳酸很快散去。）

（解釋階段）

① 銅幣不再跳動，大概缺少碳酸。

② 觀察別組同學所作的實驗，這氣體大概是二氧化碳。

（發展推廣階段）

① 以兩個輕重不同的硬幣作實驗，會有什麼結果？

② 這個液體是不是曾經加過熱？

## 二、 分析

（把握問題階段）：

K 生列出許多想知道的問題，所以多面性很高，可以給③分。她把握問題的方法比較偏向直覺，根基曖昧不明，所以合理性只有②分。雖然 K 生注意到硬幣跳動的問題，不過她缺乏進一步的發展性，選別性這項也只能得到②分。K 生在把握問題階段的評分矩陣表得分情形如下：（③—②—②）

（推論階段）：

K 生注意到碳酸和水或果汁不同，大體上而言，她能掌握解決問題的重點，因此方向性可得③分。但是邏輯性和組織性較差，只能給②分。K 生在推論階段的評分矩陣表得分情形如下：（③—②—②）

（設計驗證階段）：

K 生想到除去溶液中的碳酸後，把硬幣放在瓶口是否還會跳動？又想到碳酸本身是否具備推動硬幣的力量？可見她的思考有持久性，可得③分。事實上，K 生並不了解碳酸的性質，所以在次序性和技術性各得②分。K 生在設計驗證階段的評分矩陣表得分情形如下：（③—②—②）

（解釋階段）：

K 生依照自己的想法作判斷，而不是從氣體的性質分析，所以她的安定性、歸納性、選擇性各得②分。K 生在解釋階段的評分矩陣表得分情形如下：

（②—②—②）

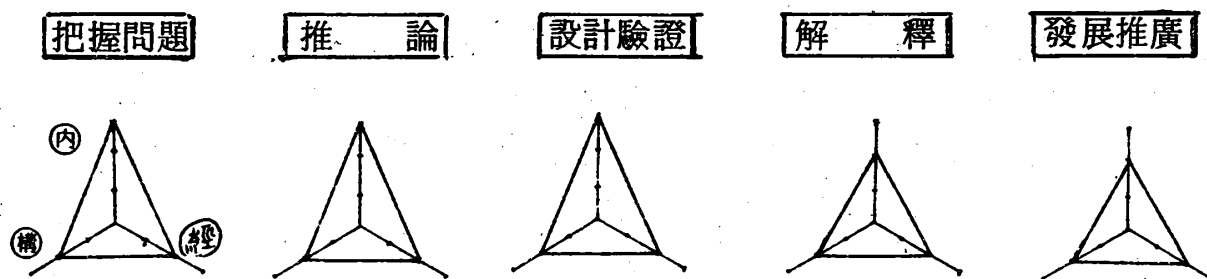
（發展推廣階段）

雖然 K 生注意到放在瓶口的不同物質和不同溫度的水溶液，都會產生不同的現象，可是她對於以往學過的知識不十分了解，因此她的指向性、邏輯的推廣性

應用性只能得②分。K生在發展推廣階段的評分矩陣表得分情形如下：

( ②-②-② )

K生診斷分析圖：



(3) S生(男)的思考情形診斷

### 一、各階段的結果

#### (把握問題階段)

① 汽水 is 碳酸飲料，如果用蘋果汁代替汽水作實驗，結果如何？(不含碳酸的飲料)

② 如果在瓶中空隙部分，投入同一物質，結果如何？

#### (推論階段)

氣體是一氧化碳。

#### (設計驗證階段)

將氣體裝入塑膠袋，再把火放進去。

#### (解釋階段)

① 把火放進裝氣體的塑膠袋太危險，放棄算了。

② 觀察別組同學所作的實驗，氣體大概是二氧化碳。

#### (發展推廣階段)

① 試用不含碳酸的果汁作實驗，結果如何？

② 如果瓶中溶液滿到瓶口，會發生什麼情況？

### 二、分析

#### (把握問題階段)：

S生所提出的兩個問題，並不是針對當前實驗的現象而提出考慮。所以多面性、合理性各②分，選別性①分。S生在把握問題階段的評分矩陣表得分情形如下：

( ②-②-① )

#### (推論階段)：

S生提出一氧化碳這個名詞，可能從前的學習過程中聽過，但是解決問題的方向性、邏輯性、組織性相當模糊，所以這三項各得①分。S生在解釋階段的評

分矩陣表得分情形如下：

( ①-①-① )

( 設計驗證階段 )：

S 生提到把收集的氣體點火，這只是一種假設。接著他又認為收集的氣體是二氧化碳，卻不能判斷其性質。因此 S 生在解決問題的持久性方面，態度曖昧不明。從 S 生的推論中可以作實驗，但是他缺乏邏輯性，即使作實驗也無法驗證其推論是否正確。所以他的持久性是①分，次序性②分，技術性①分。S 生在設計驗證階段的評分矩陣表得分情形如下：

( ①-②-① )

( 解釋階段 )：

在此階段可看出，S 生的思考和探究方向不十分連貫，只能模仿別人的作法，所以其安定性、歸納性、選擇性各得①分。S 生在解釋階段的評分矩陣表得分情形如下：

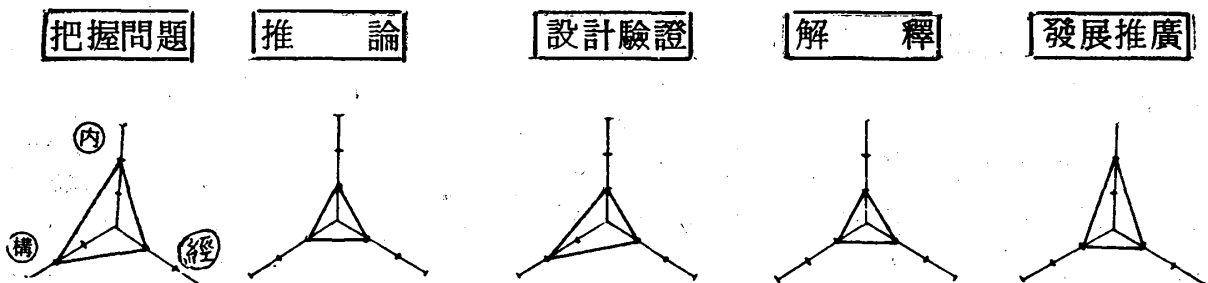
( ①-①-① )

( 發展推廣階段 )：

S 生對於問題的意識和從前的學習階段比較，並沒有更進一步的發展，換言之，他的學習相關性很弱，無法運用學習過的知識和經驗，因此指向性可得②分，邏輯的推廣性和應用性只能得①分。S 生在發展推廣階段的評分矩陣表得分情形如下：

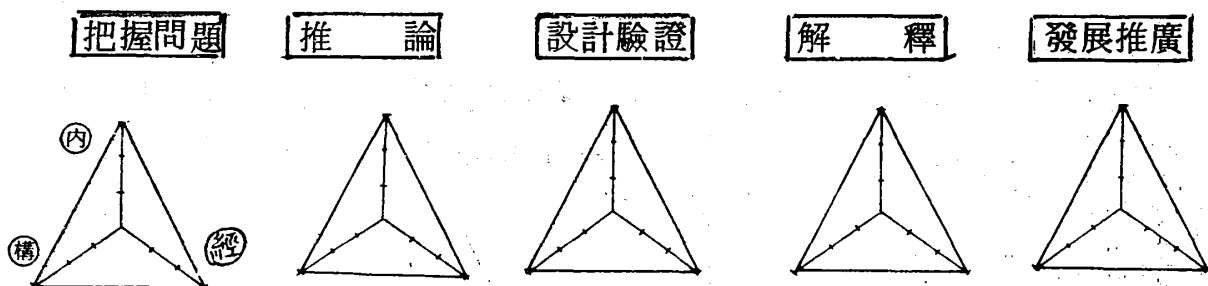
( ②-①-① )

S 生診斷分析圖：



## 伍、以思考分析圖作為指導的依據

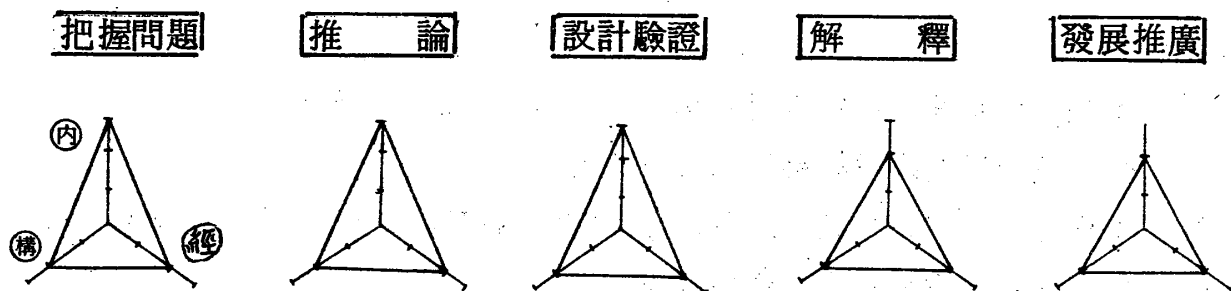
(1) 屬於 O 生類型的情況



O 生類型的特徵是每一階段都有連續性，是③-③-③型態。表面上看來，這類型學生在探究過程中，能正確運用科學思考的方法，然而並不能就此斷言，

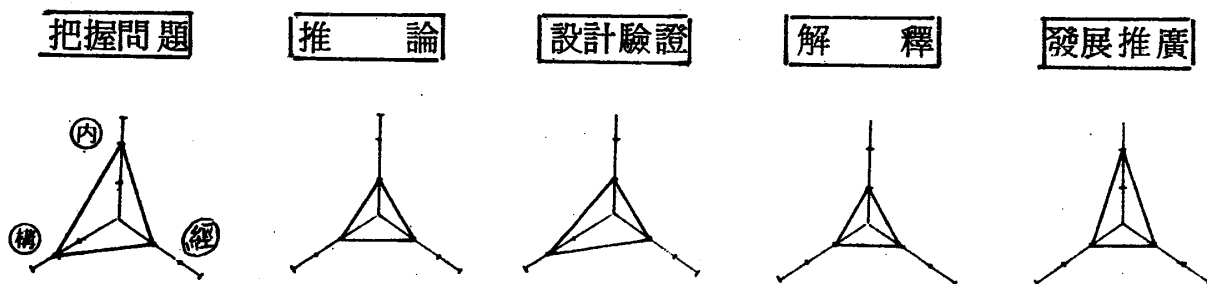
此類型學生不需再給予指導。因為他們在一連串活動中，如果發揮最大的好奇心而充分思考、實驗，並得到新的知識，固然很理想；相反地，如果探討的問題過於容易，學生也不重視，那麼實驗就失去意義。所以老師在把握問題階段，必須檢討其內發性，判斷這項學習活動是否有連續性，然後給予學生適當的指導。

### (2) 屬於K生類型的情況



K生類型的特點是內發性優秀，結構性和經濟性較差。換言之，雖然有心作研究，採用的方法卻不一定有效。這一類型的學生，無論那一階段的看法和想法，都有賴於老師的輔導以及其他同學的意見，因此加強因果關係的訓練和思考是必要的。更重要的是：讓學生了解「探討的課題是什麼？」並增加其思考機會。如此不但能提高其內發性，對於結構性和經濟性也能有所裨益。

### (3) 屬於S生類型的情況



S生類型在推論階段已有意志動搖的現象發生，思考也停滯。究其原因可能是着手研究時並不順利，使得探討過程中止，學習喪失信心，但是最主要的因素則是該生在推論和設計驗證階段，無法以明確、清晰的態度來歸納思考。因此爲了提高此類型學生的內發性，必須讓他注意探討的共同課題以及思考的連貫性。此外在學習的前兩個階段，學生能充分了解後，才能作以下步驟的實驗，並加強觀察力的培養與經驗的累積，以建立有效的發展理論。

## 陸、本研究的結論

(1) 若以內發性、結構性、經濟性作為科學思考的機能，可從中分析學生的思考活動。並且更進一步評量學生的思考實態，以了解該生的思考途徑。(註四)

(2) 經由各個階段的探討、分析，來透視學生思考的實態和活動，可作為指

導不同類型學生的依據。

(3) 雖然學生的思考活動類型很多，不盡符合本研究歸納的種類，然而從此研究中可看出：如何維持、發展課題意識的內發性，是科學思考的重要機能，循此方向當不難找到適當的個別指導方法。

(4) 將分析科學思考的結果，用來指導不同類型的學生，再進而從事如下的追蹤研究：

① 追蹤接受此種特殊指導後的學生，在學習效果上有何進步。

② 研究適合發展階段的科學思考力分析方法。

註三：任何特定之科學教學評量命題，都能用以評量學生之科學思考能力，不一定要以汽水瓶做為唯一之命題內容。

註四：本研究報告係參考民國 62 年日本高知大學理科教育全國大會第 1 期學報增田耕一所發表之論文「探究過程之科學思考力分析」而來。

## 參考資料

1. 現代理科教育大系第3卷第三章「科學の方法」與理科學習。1979 東洋館出版社。
2. 現代理科教育大系第4卷第三章科學的思考の發達と理科指導。1979，東洋館出版社。
3. 理科教育要論第三章：探究の過程と科學方法，第四章：探究學習指導の方略。1974，森川久雄著。
4. 理科學習與科學思考 ( Science Education Monthly , Vol, 24 . No.6. 1974 , 日本理科教育學會。
5. 中等學校的科學思考評價 ( 論文 ) , 井上莊六。1975 日本文部省印。
6. 問題解決と科學思考 ( 論文 ) , 井手義道。1974，長崎教育中心刊印。
7. Piaget 的功勳：教育心理學研究第四卷，第四號。1957，國立教育研究所。
8. 探究學習の方略，P. 99，森川久雄，理科教育要論，1973，東洋館出版社。
9. 現代的科學思考の構造，成瀬正行，Science Education Monthly , Vol.24 No.5。1975。日本理科教育學會。
10. 問題解決の方法 IV-4 東京教育大學初等教育研究會，1970，文理學院。
11. 探究過程の科學思考力分析 ( 論文 ) No. 5 1978，日本理科教育學會。
12. Teaching for Critical Thinking Part I, Chap I, Wellington McGraw-Hill, 1960。
13. Education for effective thinking, Part II The thinking Process, Burton, A. C. C. Inc. 1960。
14. Piaget for Educators, Robert. B. Sund。Chap. 8 Suggestion for teaching Appendix-D. Final Self-evaluational inventory。Charles Merrill Inc, Columbus Ohio, 1976。