

檢查預算受限下 最適檢查頻率的制定

陳森勝[#] 陳中獎^{*}
南華大學管理研究所 環境管理研究所

摘要

由於於連續檢查非法排放的成本非常高，且連續檢測在技術上也有相當困難，使得生產者可能冒違法排放的道德風險而關閉防污設備，以降低其操作成本。本文研究的主要目的為：站在政府環保單位的立場，在偵測污染的檢查成本預算受限制的狀況下，如何決定一適當的檢查頻率，來嚇阻廠商的非法污染排放行為，以排放合乎法定標準的污染物。本研究分析顯示：當檢查頻率是環境品質的函數時，比固定檢查頻率時所需的門檻檢查頻率及臨界檢查預算額還低，可說是相對的比較有效率的一種檢查制度。本文研究結果顯示：當檢查頻率固定時，則檢查預算要多於

關鍵詞：道德風險，檢查頻率，非法排放污染。

[#]聯絡地址：622 嘉義縣大林鎮中坑里 32 號，南華大學環境管理研究所。

聯絡電話：05-2427116，傳真：05-2427117。 作者現任職於南華大學管理研究所專任教授兼南華大學校長。

^{*}作者現任職於南華大學環境管理研究所專任助理教授兼所長

The Determination of Optimal Observation Schedule in the Constraint of Budget Limit

Miao-Sheng Chen** Chung-Chiang Chen*

Abstract:

Perceiving the difficulty in continuous monitoring on pollution emission, some prefer to take risk in violating the statutory regulations by means of the temporary shut-down of pollution treatment equipment to reduce the operating cost. The purpose of this paper is to determine an observation schedule for the governmental inspector by the constraint of a budget limit on observation cost so that the polluter's illegal activities can be avoided. Two cases are presented including the given observation frequency and variable observation frequency. The results of our analysis show that the ratio of the budget to the observation cost greater than the ratio of the polluter's operating cost to the monetary penalty is a necessary condition to assure the zero violation. The less information (observation frequency) discloses to the producer may decrease the polluter's violation rate.

Keywords: moral hazard, observation frequency, illegal disposal.

** President of Nan Hua University and Professor of Graduate Institute of Management, Nan Hua University.

* Corresponding author. Corresponding address: 32, Chung Keng Li, Dalin, Chiayi 622, Taiwan, Graduate Institute of Environmental Management Nan Hua University. Tel. no.: 05-2427116 Fax no.:05-2427117, e-mail: ccchen@mail.nhu.edu.tw.

壹、緒論

Sullivan (1987)曾經比較三種實施過的有毒廢棄物處理政策，其研究引用美國環保署的報告指出：過去約有七分之一的有毒廢棄物是經由非法管道丟棄的。此說明非法排放污染的嚴重性已到了不可忽視的程度。事實上，許多廠商在防污設備安裝後，由於道德風險的存在，廠商為獲取不法利益，有可能非法排放污染以降低其防污設備的操作成本。

許多文獻針對如何防止廠商的非法排放污染，利用代理理論而提出許多各種不同的獎勵制度(例如 Harris & Raviv, 1979; Holmstrom, 1979; Holmstrom 1982; Nalebuff & Stiglitz, 1983; Ramusen, 1987; Shavell, 1979)，利用罰款或獎金的誘因，促使廠商依環保法規確實排放污染。一般相信這些辦法可以達成政策目標 (Demski, 1984; Xepapadeas, 1991; Xepapadeas, 1992; Heringes, 1994)。其中, Holmstrom (1979)所設計的獎勵制度建立在主人和代理人的零和遊戲上，工作結果是由此兩方面共同分享。在環保問題上，污染者(代理人)的努力成果是由全部污染者分享，(亦即搭便車現象)。另外，污染者的效用很難準確測量，也是獎勵制度方法失效的原因，正如 Grossman & Hart (1983)批評 Holmstrom (1979) 之獎勵制度是無效方法一樣。Baker (1992)認為有效的獎勵制度應建立在代理人的績效和政策設計者(主人)的目標的關係上。基本上，道德風險的產生是由於主人與代理人之間的資訊不對稱所產生。Kim (1995) 認為主人與代理人之間的問題包含兩階段：第一階段是主人在選擇資訊系統時產生，第二階段則是主人在依照他所選擇的資訊系統來建立其獎勵制度時產生。上述的研究都假設主人的目標是在追求主人的最大利益，然而，實務上不乏政策設計者並非完全追求個人利益的例子。綜合上述的論點，可見代理理論所衍生之獎勵

制度的設計方法並不是不法污染排放的有效防止手段。而且，大部份文獻討論都假設：污染者在技術上可以控制污染排放量，會誠實遵守規定；且獎勵制度的實施至少可以保證污染可控制在一特定值內。然而卻很少文獻的內容涉及到有關：偵測污染值是否超過排放標準值之檢查。在開發中國家，環保法規往往無法有效的落實執行。Malik (1990) 認為污染方面的違法問題的產生，一部份出自於連續偵測與監看有困難，以致無法及時察覺違法行為。一部份出自於缺乏有效機制來公平評估與對待不配合者的處罰。他假設一當事人被檢查出污染排放值超過標準值而受處罰的機率為外生變數的情形下，利用一統計模型說明污染檢查頻率對污染排放量的影響效果，因而主張污染排放量必然是檢查頻率的高度相關函數。就個別的公司而言，不同公司有不同之污染違法而漏罰的主觀機率，因而理論上針對不同公司應擬訂不同的最適檢查頻率。然而，政府為檢查廠商是否非法排放污染所需的預算，須受立法機關的監督與制衡，因而有一定的限制。而 Malik (1990)並未將檢查預算的限制納入其模式，加以考慮，其研究結論指出：只有當廠商主觀認定的檢查機率是常數，或是檢查機率是廠商違規的函數時，則廠商會完全遵守環保法規。Polinsky and Shavell (1984) 提出：違法者被抓到時，政府可以採用罰款、坐牢、和罰款加上坐牢的混合方式等三種處罰方式，以嚇阻違法行為的產生。其結論指出：當單獨使用罰款時，最適罰款金額要等於違法者的財富；當單獨使用有期徒刑時，則違法者的財富不一樣時，要用不同的刑期；若使用混合方式處罰時，則儘量使用罰款處罰方式，因為坐牢方式會產生額外的社會成本。Polinsky and Shavell (1984) 雖然有將檢查成本納入其模式內，但是違法者對於不同的罰金的反應行為，此模式並未加以考慮。換言之，不管政府採用何種處罰方式及處罰額度，違法者的違法行為都是一樣。

本文假設生產廠商皆已安裝防污設備，但由於違法污染之道德風險的存在，污染廠商仍然會無視環保法規而非法排放污染以求降低防污成本。另外，考量政府受制於有限的檢查預算，連續監測非法排放污染行為所需的偵測成本太高，使得目前採用連續監測這種防污政策，仍不可行。換句話說，以政府目前所核准的檢查生產廠商是否非法排放污染有限的預算而言，只能採用臨檢的方式，以嚇阻污染廠商的非法行為。因而本文針對此種狀況，構建數學模式探討當污染排放超過標準值的罰款金額固定，且檢查預算有限的限制條件下，探討最佳檢查頻率的特性，作為政策設計者制訂環保政策時的參考依據。

貳、模式建立

環保法規在實施過程中，政策執行者的職責即在檢查生產者的污染排放量是否符合環保標準。由於防污檢查成本太高，使得政策執行者不得不採用臨檢方式，用來嚇阻污染者的非法排放行為。此臨檢方式只能在污染者的違法行為被發現，污染者才要受處罰。對生產者而言，有義務遵守環保法規而進行必要的防污活動。然而，基於生產者道德風險的存在及獲取最大利益的趨使下，且生產者會察覺連續監測的手段已屬不可行，因而有可能非法排放污染並隱藏其非法排放污染的證據。假設污染者都已安裝防污設備，然而由於太低污染檢查頻率或者太輕的處罰，污染者仍然會冒險非法排放污染。本文假設：對非法排放污染的處罰只有罰款處分，而沒有刑事處分。污染者不能付罰金的現象不存在，同時，技術不穩定導致突然大量非法排放，亦不存在。也就是說，非法排放都是具有人為的故意成份。

由於污染排放等不道德行為存有某種程度的風險利益，污染者會選擇一適當的比率(百分比) 停止其防污設備的運作以降低防污操作成本。對污染者而言，假如開

動防污設備，則必須付出 $c = c(V)$ 的操作成本，其中， V 是污染排放量。又如停止其防污設備的操作，則污染者必須付出污染受罰平均成本 $E(y)f$ ，隨機變數 y 是政策執行者檢查生產者是否非法排放污染的頻率， f 是污染者被發現非法排放污染時必須支付的罰金， p 是污染者選擇停止操作其防污設備的時間比率。因此，污染者必須付出的總成本 Z 可表示成

$$Z = pyf + c(1 - p)$$

假設污染者是一個中性風險偏好者(risk-neutral)，在罰金 f 和操作成本 c 皆固定的情況下，污染者將選擇一最適當的比率 p 來降低其期望總成本，亦即

$$\underset{0 \leq p \leq 1}{\text{Min}} E[fp y + c(1 - p)] = \underset{0 \leq p \leq 1}{\text{Min}} Z(p) = [f\lambda p + c(1 - p)] \quad (\text{P2.1})$$

其中， $\lambda = E(y)$ 。問題(P2.1)的最佳解 p^* 會受參數 λ 值的大小而改變，即 $p^* = p^*(\lambda)$ 。

站在政策執行者的立場，便是如何利用污染者所得到的最佳解 p^* 的資訊，制定最佳的檢查頻率 λ 以減少污染者的違法比率。由於每次檢查成本 c_o 並不便宜，對防污主体者而言，在一定期間內，檢查成本總支出 $c_o \lambda n$ 不能超過該期間內的總預算 B 與罰款總收入 $f\lambda p n$ 之和，其中， n 為此政策執行者必須負責臨檢的廠商數目。因此，在檢查預算受限制下， $c_o \lambda - f\lambda p \leq \frac{B}{n} = \bar{B}$ 的限制條件必須納入模式內考慮。因此，政策執行者而言，其問題可以用下列數學模式表示：

$$\begin{aligned} & \underset{\lambda}{\text{Min}} p^*(\lambda) \\ \text{s. t. } & c_o \lambda - f\lambda p \leq \bar{B} \end{aligned} \quad (\text{P2.2})$$

本文將分析下列兩種狀況：(狀況一)固定檢查頻率，(狀況二)檢查頻率是環境品

質的函數。探討此兩種狀況下最佳檢查頻率的性質。

參、固定檢查頻率情形下的最佳解

假若污染者已獲知政策執行者之平均檢查頻率 λ 值時，即 λ 值給定，則問題(P2.1)的目標函數 $Z(p)$ 是線性函數，因此，其最佳解 p^* 發生在端點。詳言之， p^* 有兩種可能：

當 $\lambda \geq \frac{c}{f}$ ， $p^* = 0$ ，即污染者將完全遵守環保法規。而當 $\lambda < \frac{c}{f}$ 時， $p^* = 1$ ，污染者將完全非法排放污染。 p^* 可用下列數學式表示：

$$p^* = \begin{cases} 0 & \text{當 } \lambda \geq \frac{c}{f} \\ 1 & \text{當 } \lambda < \frac{c}{f} \end{cases}$$

對於政策執行者而言，其目的是在選擇一最適檢查頻率 λ 以引導污染者的違法比率降到最低。因此，問題(P2.2)的最佳目標值是 $p^* = 0$ ，其前提是 $\lambda \geq \frac{c}{f}$ 。然而，政策執行者的最適檢查頻率 λ 受制於有限的預算 \bar{B} 。令 $S(p) = \bar{B} + \lambda pf - c_o \lambda$ 。在 $p^* = 0$ 時，問題(P2.2)的限制式為 $S(0) = \bar{B} - c_o \lambda \geq 0$ 故 $\lambda \leq \frac{\bar{B}}{c_o}$ 。因此，可得下列性質：

推論 3.1：在固定檢查頻率情形下，最適檢查頻率 λ 必須滿足下列條件： $\lambda \leq \frac{\bar{B}}{c_o}$ 且

$$\lambda \geq \frac{c}{f}。$$

上述討論說明若參數 c_0 、 c 、 f 、 \bar{B} 滿足不等式 $\frac{\bar{B}}{c_0} \geq \frac{c}{f}$ ，則政策執行者只要選

擇 λ 值滿足不等式 $\frac{\bar{B}}{c_0} \geq \lambda \geq \frac{c}{f}$ 即可完全有效防止非法排放污染(這些參數的關係可

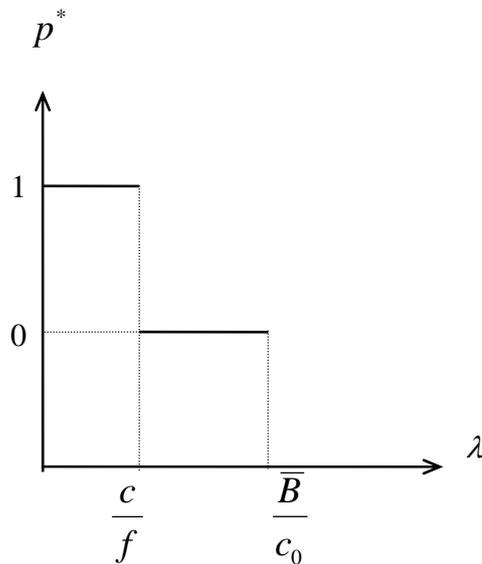
參閱圖 3.1)。這表示： $\frac{\bar{B}}{c_0} \geq \frac{c}{f}$ 是政策執行者可誘導生產者採用零污染排放的必要

條件。因此，政策執行者可以善加利用關係式

$$\bar{B}f \geq cc_0 \quad (3.1)$$

來設計其罰金額度 f ，及防污預算上限 \bar{B} 即可達到生產者採取零污染排放的目的。

圖 1： p^* 對 λ 的關係圖



Polinsky & Shavell (1979)在其有關違法行為的研究中，定義了所謂門檻機率 (threshold probability) 為個人從事違法行為而會受到處罰的臨界機率，低於此門檻機率，每個人都會從事非法行為。同理，本文仿照 Polinsky & Shavell (1979) 的方式，定義門檻檢查頻率為：政策執行者所採用的某一檢查頻率，低於此檢查頻率，污染者將會完全非法排放污染。由推論 3.1 得知：當 $\lambda < \frac{c}{f}$ 時，生產者將完全非法排放污染。因此，門檻檢查頻率為 $\lambda_t = \frac{c}{f}$ ，亦即操作成本 c 對罰金 f 的比率。Polinsky & Shavell (1979) 發現：違法所產生的利得越高，則門檻機率越高。本研究也有相同的發現，越高的操作成本則門檻檢查頻率越高。

另外，本文也定義臨界檢查預算額 \bar{B}_t 為最低的預算額，超過此臨界預算額而增加檢查頻率，並不能降低污染者的違犯率。因此，由推論 3.1 所引伸出來之關係式 (3.1) 得知： $\bar{B} \geq \frac{cc_0}{f}$ 。因此，臨界檢查預算額 $\bar{B}_t = \frac{cc_0}{f}$ 。這表示：檢查預算額超過 $\frac{cc_0}{f}$ 值，也不能在降低污染者的違犯率。

肆、檢查頻率是環境品質的函數情形下的最佳解

在一般污染防治工作的現實世界，政策執行者的檢查頻率 λ 是不會也不應告訴生產者，但為了政策需要卻可以宣稱：若環境品質改善，則檢查頻率可以相對的減少，否則增加，以免浪費檢查人力。事實上，政策執行者雖然無法隨時掌握各地環境品質的狀況，而且也無法對每一廠商連續觀察其排放情形，但由於生產者如果過度排放污染，必然造成附近居民的強烈不滿及抗議，政策執行者可依此訊息加強環境品質不良地區的污染排放的臨檢工作。如此，生產者之違法排放污染機率 p 所造

成之環境品質指標可表示成 $x(p) = e_0 p + e(1-p)$ ，其中， e_0 是未經防污設備處理之污染排放濃度， e 法定污染排放標準，如果政策執行者之檢查頻率 λ 的決定可根據生產者之違法排放污染機率 p 所造成之環境品質 $x(p)$ 不同而作調整，則 λ 值便成為 p 值的函數，記作 $\lambda = \lambda(p)$ 。由於 p 為污染者違法排放污染的時間比率， p 值愈大表示環境品質 $x(p)$ 愈差，因而政策執行者之檢查頻率 $\lambda(p)$ 就愈大。本模式假設 $\lambda(p)$ 為 p 的線性函數，且 $\lambda(0) = 0$ (即生產者若不違法排放污染，則政策執行者之檢查頻率 $\lambda(p)$ 為零)，即 $\lambda(p) = hp, 0 \leq p \leq 1$ ，其中， $h > 0$ ，是政策執行者所決定的一常數。如此，問題(P2.1)可以寫成：

$$\text{Min}_{0 \leq p \leq 1} [f\lambda(p)p + c(1-p)] = \text{Min}_{0 \leq p \leq 1} G(p) = [fhp^2 + c(1-p)] \quad (\text{P4.1})$$

由於 $G(p)$ 函數的二階導函數 $G''(p) = 2fh \geq 0$ ，得知 $G(p)$ 函數的最小值存在。令 \bar{p} 為 $G(p)$ 函數的最小值，則 \bar{p} 點須滿足下列條件：

$$0 = G'(\bar{p}) = 2fh\bar{p} - c。$$

故 $\bar{p} = \frac{c}{2fh}$ 為 $G(p)$ 函數的最低點。 \bar{p} 值可能大於等於 1 或小於 1。今分別討論問題

(P4.1) 之最佳解如下：

令 p^* 為問題(P4.1) 之最佳解，若 $\bar{p} \leq 1$ ，則 $p^* = \bar{p} = \frac{c}{2fh}$ 。若 $\bar{p} > 1$ ，則 $p^* = 1$ 。因此，

問題(P4.1) 之最佳解 p^* 與 \bar{p} 的關係式為 $p^* = \min\{\bar{p}, 1\} = \min\left\{\frac{c}{2fh}, 1\right\}$ 。最佳解 p^*

與 \bar{p} 的關係式劃於圖 4.1 與圖 4.2，如圖 4.1 的情況， $p^* = \bar{p} = \frac{c}{2fh}$ 。如圖 4.2 的情

況， $p^* = 1$ 。

圖 2： $p^* = \bar{p}$ 的情況

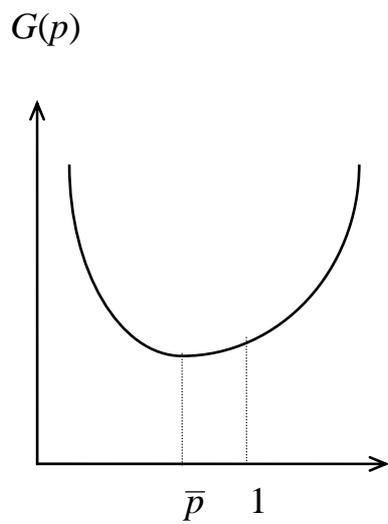
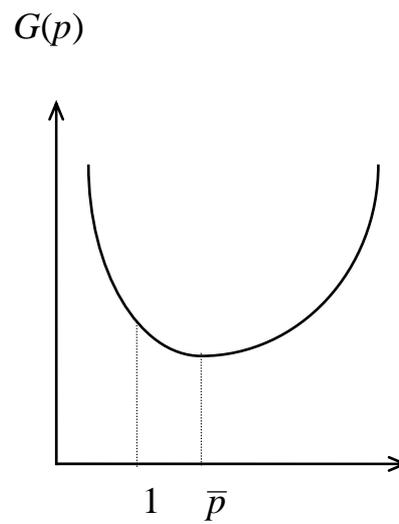


圖 3： $p^* = 1$ 的情況



由以上的分析，可得下列性質：

推論 4.1：當檢查頻率 λ 為環境品質 x 的函數時，或檢查頻率 λ 為污染者的違犯率 p

的線性函數時，亦即 $\lambda = hp$ ，則污染者的最佳違犯率為 $p^* = \min\left\{\frac{c}{2fh}, 1\right\}$ 。

同理，用 $\lambda(p) = hp$ 取代問題(P2.2)目標函數及限制式中之常數 λ ，站在政策執行者的立場，便成為如何決定一最適的 h 值，而使污染者的違犯率最小，因此，問題(P2.2)可以製作成以下推廣模式：

$$\begin{aligned} & \underset{h}{\text{Min}} \quad p^*(h) \\ & \text{s.t.} \quad c_0 hp - fh p^2 \leq \bar{B} \end{aligned} \quad (\text{P4.2})$$

由推論 4.1 得知： $p^* = \min\left\{\frac{c}{2fh}, 1\right\}$ ，因此，問題(P4.2)的最佳目標值為 $G = p^* =$

$$\frac{c}{2fh} \leq 1, \text{ 即}$$

$$h \geq \frac{c}{2f}, \quad (4.1)$$

且此目標值所得到的最佳解 h 必須滿足問題(P4.2)限制式。令 $S(p) = \bar{B} - c_0 hp +$

$fh p^2$ ，將 $p^* = \frac{c}{2fh}$ 代入問題(P4.2)限制式中得

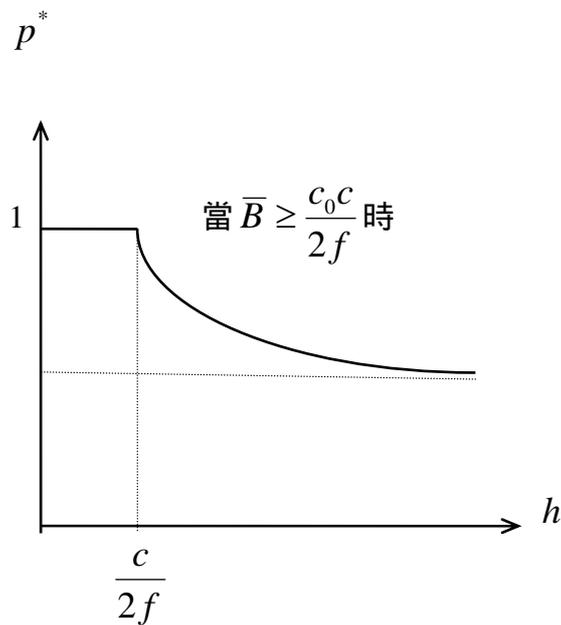
$$S(p^*) = S\left(\frac{c}{2fh}\right) = \bar{B} - c_0 h \frac{c}{2fh} + fh \left(\frac{c}{2fh}\right)^2 = \bar{B} - \frac{c_0 c}{2f} + \frac{c^2}{4fh} \geq 0, \quad (4.2)$$

若 $\bar{B} \geq \frac{c_0 c}{2f}$ ，則在任何 h 值下， $S(p^*) \geq 0$ ，在此情況下可保證檢查預算足夠檢查成

本所耗用的費用，因此，問題(P4.2)的最佳解 h 只要滿足 $h \geq \frac{c}{2f}$ 即可(p^* 對 h 的關

係圖可參閱圖 4.3)。

圖 4：在線性檢查頻率不同的情形下，當 $\bar{B} \geq \frac{c_0 c}{2f}$ 時，最佳檢查頻率比率 h 與污染者違犯率 p 的對應圖



由圖 4.3 可以看出：若最佳檢查頻率比率 h 值小於 $\frac{c}{2f}$ ，則污染者將百分之百

違法排放污染，因此，門檻檢查頻率比率 $h_t = \frac{c}{2f}$ 。臨界檢查預算額 $\bar{B}_t = \frac{c_0 c}{2f}$ 。另

外，當最佳檢查頻率比率 h 設定值趨近於無窮大時，則 p^* 趨近於 0。

若 $\bar{B} < \frac{c_0 c}{2f}$ ，則解不等式 (4.1) 可得

$$h \leq \frac{c^2}{2c_0 c - 4f\bar{B}} \quad (4.3)$$

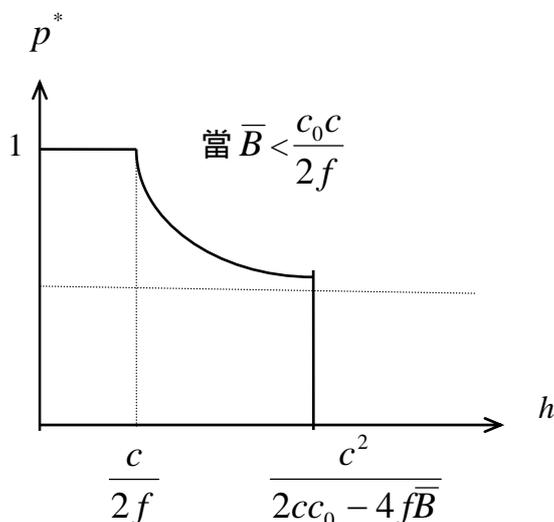
綜合不等式(4.1)與不等式(4.3)可得最佳解 h 有下列性質：

推論 4.2：在檢查頻率 λ 為違犯率 p 的線性函數時，當 $\bar{B} < \frac{c_0 c}{2f}$ ，則最適檢查頻率

比率 h 必須滿足下列條件： $\frac{c}{2f} \leq h \leq \frac{c^2}{2c_0 c - 4f\bar{B}}$ (p^* 對 h 的關係圖可參閱

圖 4.4)。

圖 5：在線性檢查頻率不同的情形下，當 $\bar{B} < \frac{c_0 c}{2f}$ 時，最佳檢查頻率比率 h 與污染者違犯率 p 的對應圖



上述討論說明：當 $\bar{B} < \frac{c_0 c}{2f}$ 時，若參數 c_0 、 c 、 f 、 \bar{B} 滿足不等式

$$\frac{c^2}{2cc_0 - 4f\bar{B}} \geq \frac{c}{2f} \quad (4.4)$$

則政策執行者只要選擇 h 值滿足不等式 $\frac{c^2}{2cc_0 - 4f\bar{B}} \geq h \geq \frac{c}{2f}$ 即可充份地有效降低

污染者的違犯率 p^* (這些參數的關係可參閱圖 4.4)。這表示： $\frac{c^2}{2cc_0 - 4f\bar{B}} \geq \frac{c}{2f}$ 是

政策執行者可誘導生產者降低污染排放的充份條件。由圖 4.4 可以看出：若最佳檢

查頻率比率 h 值小於 $\frac{c}{2f}$ ，則污染者將百分之百違法排放污染，因此，門檻檢查頻

率比率 $h_t = \frac{c}{2f}$ 。由不等式(4.4)可以得下列性質：

(i) 若 $c_0 - f \leq 0$ ，則不等式(4.4)必然成立。故臨界檢查預算額 $\bar{B}_t = 0$ 。

(ii) $c_0 - f > 0$ ，不等式(4.4)可以簡化成 $\frac{c}{2f} \leq \frac{\bar{B}}{c_0 - f}$ ，故臨界檢查預算額

$$\bar{B}_t = \frac{c(c_0 - f)}{2f}。$$

伍、討論

政策執行者的主要目標是在制定一適當的檢查頻率 λ 或檢查頻表率比率 h ，在有限的檢查預算下，引導污染者降低其非法排放污染的比率 p ，以使環境品質提高。

綜合以上的分析結果，特將最適檢查頻率所需的充分條件、在固定檢查頻率的情形

下之門檻檢查頻率 λ_t 、在線性檢查頻率的情形下之門檻檢查頻率比率 h_t 、臨界檢查預算額 \bar{B}_t 列於表 5.1 :

表 1：固定檢查頻率與線性檢查頻率不同的情形下，最適檢查頻率的比較

	最佳解的充份條件	門檻檢查頻率(比率) $\lambda_t(h_t)$	臨界檢查預算額 \bar{B}_t
固定檢查頻率： 給定 λ 值	$\frac{c}{f} \leq \lambda \leq \frac{\bar{B}}{c_0}$	$\lambda_t = \frac{c}{f}$	$\bar{B}_t = \frac{cc_0}{f}$
線性檢查頻率 $\lambda = hp$	$\bar{B} \geq \frac{c_0c}{2f}$ $h \geq \frac{c}{2f}$	$h_t = \frac{c}{2f}$	$\bar{B}_t = \frac{c_0c}{2f}$
	$\bar{B} < \frac{c_0c}{2f}$ $\frac{c^2}{2cc_0 - 4f\bar{B}} \geq h \geq \frac{c}{2f}$	$h_t = \frac{c}{2f}$	$\bar{B}_t = 0$ (當 $c_0 \leq f$ 時) $\bar{B}_t = \frac{c(c_0 - f)}{2f}$ (當 $c_0 > f$ 時)

在固定檢查頻率方式與在線性檢查頻率方式的不同情形下，參數 c_0 、 c 、 f 對門檻檢查頻率 λ_t 與臨界檢查預算額 \bar{B}_t 的影響方向討論如下：

(1) 在固定檢查頻率的情形下，則最適檢查頻率可以設定在 $\frac{c}{f} \leq \lambda \leq \frac{\bar{B}}{c_0}$ 之間。

$\bar{B}f \geq cc_0$ (預算和罰金的乘積必須大於操作成本和檢查成本的乘積) 是保證零違犯

的必要條件。利用此式，政策執行者可以針對不同防污操作成本的廠商準備不同的檢查預算，並設定適當的檢查頻率以滿足推論 3.1 的要求，則可以引導生產者完全遵守環保法規，不會違法排放污染。另外，此式亦說明當預算有限時，則可以適度調高罰金額度以滿足此式。門檻檢查頻率 λ_t 與生產者的防污操作成本 c 成正相關，與污染者非法排放污染而受罰的罰款金額 f 成負相關。臨界檢查預算額 \bar{B}_t 與生產者的防污操作成本 c 成正相關，與政策執行者的每次檢查成本 c_0 成正相關，與污染者非法排放污染而受罰的罰款金額 f 成負相關。

(2) 在線性檢查頻率的情形下，即檢查頻率是環境品質的函數時，則最適檢查頻率比率 h 的設定按檢查預算額的大小分成兩種情形討論：

(2-i) 若檢查預算額充足使得不等式 $\bar{B} \geq \frac{c_0 c}{2f}$ 成立時，則最適檢查頻率比率 h 可

以設定為 $h \geq \frac{c}{2f}$ 。門檻檢查頻率 λ_t 與生產者的防污操作成本 c 成正相關，與污染者非法排放污染而受罰的罰款金額 f 成負相關。臨界檢查預算額 \bar{B}_t 與生產者的防污操作成本 c 成正相關，與政策執行者的每次檢查成本 c_0 成正相關，與污染者非法排放污染而受罰的罰款金額 f 成負相關。

(2-ii) 若檢查預算額不足，即不等式 $\bar{B} < \frac{c_0 c}{2f}$ 成立時，則最適檢查頻率比率 h 可

以設定為 $\frac{c^2}{2cc_0 - 4f\bar{B}} \geq h \geq \frac{c}{2f}$ 。門檻檢查頻率 λ_t 與生產者的防污操作成本 c 成正相關，與污染者非法排放污染而受罰的罰款金額 f 成負相關。當 $c_0 \leq f$ 時，則臨界檢查預算額 $\bar{B}_t = 0$ ；當 $c_0 > f$ 時，則臨界檢查預算額 $\bar{B}_t = \frac{c(c_0 - f)}{2f}$ 。因此，當 $c_0 > f$

時，臨界檢查預算額 \bar{B}_i 與生產者的防污操作成本 c 成正相關，與政策執行者的每次檢查成本 c_0 成正相關，與污染者非法排放污染而受罰的罰款金額 f 成負相關。

(3) 比較固定檢查頻率與線性檢查頻率兩種檢查方式，得知：固定檢查頻率檢查方式所需的臨界檢查預算額是線性檢查頻率的兩倍，這表示：政府必須花費更多的預算才能使生產者不會非法排放污染。假若預算不足，則固定檢查頻率檢查方式會造成生產者完全違法排放污染；如果採用線性檢查頻率，仍有部份嚇阻作用，生產者並不會完全違法排放污染(請參閱圖 4.4)。Swierzbinski (1994) 證明隨機檢查政策 (random observation policy) 會有較佳的結果，本文結論與 Swierzbinski 的論點一致。

事實上，廠商的規模越大，污染排放量越大 V ，其防污設備的操作成本 c 越高，因此，由表 5.1 可以看出：在固定檢查頻率時，政策執行者對較大規模廠商的檢查頻率必須較高，最佳解才可以得到；同時，門檻檢查頻率 λ_i 越高，臨界檢查預算額 \bar{B}_i 越高。若是採用線性檢查頻率時，則門檻檢查頻率比率越高 h_i ，臨界檢查預算額 \bar{B}_i 也越高。

陸、結論

以上結果說明檢查頻率在環保法規執行上以及消除道德風險上所佔重要角色，同時顯示：固定檢查頻率檢查方式相對於線性檢查頻率方式的缺失；不僅耗費較多預算，廠商的配合意願也較低。本文的模式說明：對政策執行者而言，有效的嚇阻策略是使廠商的風險負擔成本等於非法排放污染所獲取的利益。Milgrom & Roberts (1992)認為：當違規所獲取的經濟利潤不具吸引力時，廠商不得不遵守法令，確實依環保法規執行污染排放作業。如此，因環境改善使得罰款收入減少，可

以視為對居民的一種回報，而且，整體社會福利亦會提高。Harpaz, et al. (1982) 認為對追求利潤最大化的廠商而言，有情報總比沒有情報更有利。因此，可能會賄賂政策執行者的方式，取得情報以逃避臨檢。如果政策執行者堅守崗位，不為廠商收買，則廠商將面臨一不確定的情況，由本文的分析，廠商將比較不敢違犯法律規定，非法排放污染。相反的，政策執行者若能將有關的環境資訊提供給附近居民，並要求附近居民能將當地的環境污染狀況適時傳遞給政策執行者，如此，則政策執行者在制定檢查計畫時，可以針對污染嚴重地區加強臨檢，當可收嚇阻之效。

本文的結論不僅適用於環保政策的執行，也可以適用於其他公共政策的實施，例如交通法規的執行、違章建築的查報等等。這些公共政策的實施只要牽涉到檢查成本、違法者因違法所獲得的利益、違法者的違法事實被察覺後的罰金、檢查預算等四個參數，都可套入本模式以得到最佳檢查頻率。

參考文獻

1. Baker, G.P., "Incentive and performance measurement", *J. of Political Economy*, 100 (1992), 3, 598-614.
2. Demski, Joel S., 1984, "Optimal incentive contracts with multiple agents", *J. of Economic Theory* 33, (1984), 152-171.
3. Grossman, S.J. and O.D. Hart, "An analysis of the principal-agent problem", *Econometrica* 51, (1983), 7-45.
4. Harpaz, G., W. Y. Lee, and R. L. Winkler, "Learning, experimentation, and the optimal output decisions of a competitive firm", *Management Science*, 28, (1982), 589-603.

5. Harris, M. & A. Raviv, "Optimal Incentive contracts with imperfect information," *J. Eco. Theory*, 20, (1979), 231-259.
6. Herringes, Joseph A., "Budget-Balancing Incentive Mechanisms", *J. of Environmental Economics and Management* 27, (1994), 275-285.
7. Holmstrom, B. "Moral Hazard and Observability", *Bell J. Econom.* 10, (1979), 74-91.
8. Holmstrom, B. "Moral hazard in teams", *Bell J. Econom.* 13, (1982) 324-340.
9. Kim, Son Ku, "Efficiency of an information system in an agency model", *Econometrica*, 63, 1 (Jan. 1995), 89-102.
10. Malik, Arun S., "Markets for pollution control when firms are noncompliant", *J. of Environmental Economics and Management* 18, (1990), 97-106.
11. Milgrom, P. & J. Roberts, *Economics, organization and management*, Englewood Cliff, NJ: Prentice Hall, 1992.
12. Nalebuff, B. & J. Stiglitz, "Prices and incentives: towards a general theory of compensatin and competition", *Bell Journal of Economics* 14, (1983), 21-43.
13. Polinsky, A. Mitchell, & Shavell, Steven, "The optimal tradeoff between the probability and magnitude of fines", *The American Economic Review*, 69, 5, (1979), 880-891.
14. Polinsky, A. Mitchell, & Shavell, Steven, "The optimal use of fined and imprisonment", *Journal of Public Economics* 24, (1984), 89-99.
15. Ramusen, Eric, "Moral hazard in risk-averse teams", *Rand Journal of Economics* 18, 3, (1987), 428-435.
16. Shavell, S., "Risk sharing and incentives in the principal and agent relationship", *Bell J. Econ* 10, (1979), 55-73.

17. Swierzbinski, Joseph E., "Guilty until proven innocent-regulation with costly and limited enforcement", *J. of Environmental Economics and Management* 27, (1994), 127-146.
18. Sullivan, A.M., "Policy options for toxics disposal: laissez-faire, subsidization, and enforcement", *J. of Env. Econ. & Management* 14, (1987), 58-71.
19. Xepapadeas, A. P., "Environmental policy under imperfect information: incentives and moral hazard", *J. of Environmental Economics and Management* 20, (1991), 113-126.
20. Xepapadeas, A. P., "Environmental policy design and dynamic nonpoint-source pollution", *J. of Environmental Economics and Management* 22, (1992), 22-39.