

養雞場粉塵逸散與防制性能評估之研究

林順信¹ 郭政憲¹ 溫雅莉¹ 張章堂²

1.國立宜蘭大學環境工程系學生

2.國立宜蘭大學環境工程系教授

摘 要

國內養雞場常易導致粉塵逸散問題，且易引發附近居民陳請。本研究是以各種粒徑粉塵對於進行之逸散防制(含防塵網鋪設、噴霧灑水作業、防塵屏設置)研究，以評估各有逸散防制設施之效能，並引進國外已具成熟技術之高效率粉塵逸散防制設施，且於養雞場現場進行效能評估作業，期能有效的達到除塵目的。本研究乃規劃設計高效率且低成本之粉塵逸散防制設施，如防塵布架設與高效率噴霧設施設置，且洽尋五家代表性養雞場進行逸散粉塵污染改善工作，以期實際降低粉塵排放情形。

研究結果得知於養雞場下風處，粉塵濃度常高達 $600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上，即使減去上風處粉塵濃度，其上下風濃度差極易超過國內畜牧場周界標準 $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。另於養雞場下風處量測粉塵粒徑分布，得知其中粒徑僅為 $5 \mu\text{m}$ ，遠小於目前一般設置之防塵網網目(約為 $0.1 \sim 1.0 \text{ mm}$)，致使既存設施無法發揮除塵功能，並導致嚴重粉塵排放。所量測養雞場之粉塵中 TSP、 PM_{10} 與 $\text{PM}_{2.5}$ 質量濃度各約為 $296 \sim 674$ 、 $135 \sim 233$ 、 $53 \sim 178 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。各養雞場粉塵逸散濃度依序為 A 養雞場 > B 養雞場 > D 養雞場 > C 養雞場 > E 養雞場。本研究針對防塵網效率評估結果得知 TSP、 PM_{10} 與 $\text{PM}_{2.5}$ 控制效率分別為 38.4、29.3 與 7.0 %；若同時採用防塵網與噴霧效率，則 TSP、 PM_{10} 與 $\text{PM}_{2.5}$ 控制效率分別為 47.5、40.8 與 18.5 %。

關鍵詞：養雞場、粉塵逸散、效率評估、逸散控制

Studies on the Dust Emission and Assessment of Dust Control Performance in the Chicken Farm

Shuen-Shin Lin¹ Cheng-Hsien Kuo¹
Ya-Li Wen¹ Chang-Tang Chang²

1. College students, Department of Environmental Engineering, National I-lan University
2. Professor, Department of Environmental Engineering, National I-lan University

Abstract

The dust is easily emitted from chicken farm and causes a lot of complain from neighborhood. It is important to build control strategies to prevent pollution from chicken farm. The assessed control strategies include dust prevention net laying, water spraying and wall establishment. The control efficiency assessment was executed in this study. Furthermore, several kinds of particulate measurement equipment were introduced to study the effectiveness of dust prevention. The purposes of this study were to establish the best available and effective control techniques. Several kinds of pollutants, such as TSP, PM₁₀ and PM_{2.5} and particle size distribution were tested in five chicken farms. After analyzing the concentrations reduced with using control equipment, the effectiveness of control strategies could be available.

The results showed that the TSP concentration could be up to 600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ at the downwind area and be easily beyond the emission standard. The mass median diameter was 5 μm and more smaller the conventional mesh size of dust prevention net. The TSP, PM₁₀ and PM_{2.5} concentrations was roughly 296~ 674, 135 ~ 233 and 53 ~ 178 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectively. It can cause environmental problem and human health harm. After assessing the performance of control equipment, the TSP, PM₁₀ and PM_{2.5} control efficiency of using dust prevention net was roughly 38.4, 29.3 and 7.0 %, respectively. Furthermore, the efficiency of TSP, PM₁₀ and PM_{2.5} could be increased to 47.5, 40.8 and 18.5 %, individually, with dust prevention net and water spray simultaneously. The emitted dust concentration can obey the standard of the national air quality after adopting control strategies.

Keywords : chicken farm, dust emission, efficiency assessment, emission control

一、前言

近年來國人對於空氣品質的環境漸漸地受到重視，空氣品質的好壞不僅對生態環境產生衝擊，亦對人體健康產生嚴重威脅。粉塵為懸浮於空氣中之固體微粒，粒徑較大之粉塵會因地心引力而重力沉降，較小之粒徑則懸浮於大氣中，相同粒徑之粉塵其成份不同，危害大小亦不同，如粉塵中含鐵、鉛等其他物質，會因鐵、鉛對人體毒性的不同而有不同大小之危害。粉塵之濃度因環境而有所差異，如都市、鄉村、鋼鐵廠、砂石場、養雞場等，也會因生活、作業環境的不同而使污染程度不同(張章堂與林凱隆，2004)。

國內養雞場常易導致粉塵逸散問題，會影響粉塵排放因素頗多，如養雞場飼養方式、通風方式、畜舍種類、飼料品質、畜舍溫度控制系統等，且易引發附近居民陳請。養雞場之糞尿水或死亡動物屍體上所散發出來的臭味，皆屬於腐敗惡臭異味，又因雞舍所排放臭味物臭易吸附於所排放粉塵中，降低粉塵排放亦可降低臭味問題(中華民國養雞協會，2005)，台灣地區之養雞業有轉向密閉式環境控制雞舍發展的趨勢，目前以水簾式雞舍佔多數。在環境污染控制方面，水簾式雞舍較開放式雞舍容易控制，但其通風口外仍有粉塵及臭氣的排放，造成空氣污染問題。本研究將先瞭解雞舍種類(如傳統雞舍與水簾式雞舍)、通風系統、乾燥雞糞設施、飼料管理系統等對臭味排放之影響，藉粉塵處理，進一步降低臭味物質排放。雞舍內粉塵濃度隨雞齡增加而增加。水簾式雞舍內風扇面粉塵濃度明顯較水簾面高。水簾式雞舍外風扇出口及開放式雞舍外圍採樣分析週界粉塵、臭氣濃度，結果皆超過目前環保法規標準(蕭庭訓與程梅萍，2000)。

養雞場的粉塵來源為雞隻之排泄物、各種粒徑、飼料粉塵、羽毛粉塵等，粉塵除了對環境造成嚴重之污染外，亦會對雞隻和人體健康產生影響，如雞隻的成長和雞蛋產量與品質，以及危害人體之支氣管及肺部，間接影響其生活作息、工作效率。密閉式雞舍為了控制空氣流動以降低雞的體感溫度，利用風扇來調整風速以管理空氣之流速，但雞

舍內的粉塵及臭味會隨著風扇排放口排出雞舍外，為主要粉塵污染來源，容易影響附近環境而造成空氣污染，且這些微粒進入呼吸道後可能藉由非特異性的刺激反應或免疫性的機轉對呼吸道造成影響危害人體健康。

目前常見的空氣污染防治設備有袋式集塵器、旋風集塵器、濕式旋風集塵器、濕式洗塵器及填充塔、文式滌氣器、靜電集塵器(蔣德元，1999)。為了提升過濾器性能，必須尋找設備簡單，過濾效率高，能耐高溫，耐蝕性佳，可長期連續使用，沾染粉塵污染物濾材容易清洗等優點，並易於再生更換的過濾介質。顆粒過濾設備隨著粉塵之進入，粉塵將不斷累積，對過濾器之性能及過濾效率亦會造成影響，隨著時間之增加，對過濾效率而言應會有所不同，故需進行清洗(陳錦輝，2001)。本研究是以各種粒徑粉塵對於進行之逸散防制(含防塵網鋪設、噴霧灑水作業、防塵屏設置)，以評估各有逸散防制設施之效能。並引進國外已具成熟技術之高效率粉塵逸散防制設施，且於養雞場現場進行效能評估作業，期能經濟有效達到除塵目的，並規劃設計高效率且低成本之粉塵逸散防制設施，如防塵布架設與高效率噴霧設施設置，以降低粉塵排放情形，且洽尋五場代表性養雞場進行逸散粉塵污染改善工作，以期實際降低粉塵排放情形。養雞場類型為水簾式畜舍在不影響畜舍內大型風扇運作的情況下，設置擋風牆，可將畜舍內排出的強風阻擋下來，並可將排放出的粉塵轉向(李志賢，2002)。

二、研究方法與實驗設備

2-1 研究流程說明

本研究之流程如圖 1 所示，洽尋宜蘭縣境內具規模、代表性之養雞場，在現場量測作業，並將所採集的濾紙帶回實驗室分析，針對其所排放的粉塵對環境的貢獻作一探討。選擇 D、E 兩場先後架設防塵網與噴霧設備，以檢視防制前與防制後粉塵排放濃度的差異，並評估防制設備的效率。

2-2 實驗方法

在養雞場進行懸浮微粒採樣時，所使用的儀器有 TSP、PM₁₀、PM_{2.5}。TSP(Graseby, GM-2000)用於採集 100 μm 以下粒狀污染物，PM₁₀(Anderson 10μ-Inlet)用於採集大氣中微粒在 10 μm 以下粒狀污染物(林雅智，2004)，PM_{2.5}(Anderson 2.5 μm impactor)用來採集大氣中微粒 2.5 μm 以下粒狀污染物，粒徑分析所用的儀器為 Moudi (MSP inc.)，所探討之養雞場合傳統式雞舍與水簾式雞舍，本研究並評估設置防制設備前後之差異性，如設置防塵網前後與灑水前後之防制成效，以建置合理可行之防制技術。

2-3 實驗設備

1.TSP 採樣器

TSP 採樣器係採用美國 General Metal 公司的高流量採樣器，校正器係採用美國 Andersen 公司的校正器及其附件，由空氣吸引部、濾紙固定器、流量測定部及保護器(shelter)所構成。濾紙係採用美國 Gelman 公司的 Type A/E 8"*10"玻璃纖維濾紙及美國 Whatman 公司 Type QAT-UP 的 8"*10"石英濾紙。

2.PM10 採樣器

PM₁₀ 採樣器係採用日本 Kimoto 公司及美國 Andersen 公司的 PM₁₀ 懸浮微粒(粒徑小於 10μm)採樣器，校正器係採用美國 Andersen 公司之校正器與其附件。濾紙係採用美國 Gelman 公司的 Type A/E 8"*10"玻璃纖維濾紙或美國 Whatman 公司 Type QAT-UP 的 8"*10"石英濾紙。

3.MOUDITH 粒徑分析儀

MOUDITH (Micro-Orifice Uniform Deposit Impactor) 乃為一含多層衝擊板且多用途之氣懸膠採樣器。它可使用於大氣、工業界與安全衛生方面之研究。

MOUDITH 機型可分為八階與十階兩種，前者所採集粒狀物之粒徑 (cut points diameter) 為 18μm、5.6μm、3.2μm、1.8μm、1.0μm、0.56μm、0.32μm 及 0.18μm，而十階採樣器則另可採集 0.1μm 及 0.056μm。本實驗係採用十階採樣器，所使用的濾材為鋁箔。

4.粉塵濃度計算

$$\text{粒狀污染物之濃度}(\mu\text{g}/\text{m}^3) = [(W_e - W_s) / V] \times 10^6$$

其中 We：採集後之濾紙重量(g)

Ws：採集前之濾紙重量(g)

V：吸引空氣量(m³)

三、結果與討論

3-1 各場之粉塵濃度比較

此研究所進行的五家養雞場粉塵採樣中，其 TSP、PM₁₀ 和 PM_{2.5} 濃度，如表 1 及圖 2 所示，分別介於 296 ~ 674、135 ~ 233、53 ~ 178 μg/Nm³，養雞場之粉塵逸散濃度依序為：A 養雞場 > B 養雞場 > D 養雞場 > C 養雞場 > E 養雞場。另為探討各養雞場所排放粉塵之 PM₁₀ 貢獻量，乃計算從 PM₁₀/TSP 比值，如圖 3 所示，五家養雞場中 PM₁₀/TSP 比值最大為 E 養雞場，比值大約是 0.53，B 養雞場和 C 養雞場之 PM₁₀/TSP 比值相同，均為 0.35，A 養雞場之比值為 0.32，另 D 養雞場之 PM₁₀/TSP 比值最低，僅為 0.27，大部分 PM₁₀/TSP 比值約介於 0.27 至 0.53 之間，可得知所逸散之粉塵乃以細微粒粉塵為主。

為瞭解各養雞場之粉塵粒徑分布特性，乃於各場進行所逸散粉塵粒徑量測作業，如圖 4 所示，可知 A 場粉塵粒徑為 1~18 μm 之間微粒濃度約介 150~55μg/Nm³ 之間，粒徑為 0.56~1 μm 粉塵顆粒濃度僅為 60~10 μg/Nm³ 之間；B 場粉塵粒徑為 1~18 μm 與 0.56~1 μm 之間微粒濃度約分別介於 30~155 與 15~35 μg/Nm³ 之間；C 與 D 場粉塵粒徑為 1~18 μm 之間微粒濃度分別介於 15~105 與 45~135 μg/Nm³ 之間，兩場所逸散粉塵粒徑為 0.56~1 μm 微粒濃度則分別介於 15~35 μg/Nm³ 與 10~50 μg/Nm³ 之間；E 粉塵粒徑為 1~18 μm 之間微粒濃度約介於 30~45 μg/Nm³ 之間，粒徑為 1~0.56 μm 粉塵顆粒濃度為 10~50 μg/Nm³ 之間。

3-2 養雞業與製茶業作業環境粉塵暴露之比較

茶葉製造處理過程中常會產生一些粉塵微粒，在過去針對茶葉後段處理工人的研究中發現茶葉粉塵的暴露確實會造成呼吸道的疾病及肺功能的改變，而此兩作業都是傳統農業中，粉塵暴露量較多之環境。於2004年謝宗勳發表之文章提出，在製茶過程中，其採樣結果總粉塵暴露濃度介於 8.3 至 24.9 mg/m³，平均為 16.8 mg/m³，而可呼吸性粉塵濃度則介於 1.0 至 6.4 mg/m³，平均為 3.2 mg/m³，比養雞業之粉塵暴露量高出許多。

3-3 防制後養雞場粉塵之比較

裝設防塵網與噴霧之養雞場為D與E二家養雞場，其D養雞場在防塵網與噴霧下之各粉塵濃度，如圖5所示，在控制前場內所測得之TSP濃度為 578.1 μg/Nm³，PM₁₀濃度為 156.8 μg/Nm³，PM_{2.5}濃度為 98.8 μg/Nm³；在防塵網下所測得之TSP濃度為 537.9μg/Nm³，PM₁₀濃度為 111.2 μg/Nm³，PM_{2.5}濃度為 61.2 μg/Nm³；在防塵網與噴霧下所測得之TSP濃度為 470.7 μg/Nm³，PM₁₀濃度為 92.9 μg/Nm³，PM_{2.5}濃度為 52.1 μg/Nm³，防制前與防制後之各粒徑濃度，如圖6所示。

E養雞場在防塵網與噴霧下之各粉塵濃度，如圖7所示，在控制前場內所測得之TSP濃度為296.9 μg/Nm³，PM₁₀濃度為 158.5μg/Nm³，PM_{2.5}濃度為 52.2 μg/Nm³；在防塵網下所測得之TSP濃度為 276.5 μg/Nm³，PM₁₀濃度139.0 μg/Nm³，PM_{2.5}濃度為45.9μg/Nm³；在防塵網與噴霧下所測得之TSP濃度為 245.9 μg/Nm³，PM₁₀濃度為127.9 μg/Nm³，PM_{2.5}濃度為 45.5 μg/Nm³，防制前與防制後之各粒徑濃度，如圖8所示。

3-4 粉塵防制效率比較

裝設防塵網與噴霧之養雞場為D與E二家養雞場，其D家養雞場在防塵網下及在防塵網與噴霧下之各粉塵防制效率，如表2所示；E家之防制效率，如表3所示，其D養雞場在防塵網下之粉塵防制效率：TSP為 7.0%，PM₁₀為 29.3%，PM_{2.5}為 38.4%，在防塵網與噴霧下之粉塵防制效率：TSP為 18.5%，PM₁₀為 40.8%，PM_{2.5}為47.5%；另E養雞場在防塵網下之粉塵防制效率：TSP為 6.9%，PM₁₀為

12.3%，PM_{2.5}為 13.0%，在防塵網與噴霧下之粉塵防制效率：TSP為 17.2%，PM₁₀為 19.3%，PM_{2.5}為 12.2%。由圖9所示，在防塵網下，TSP粉塵防制效率順序為：D養雞場>E養雞場；PM₁₀粉塵防制效率順序為：D養雞場>E養雞場；PM_{2.5}粉塵防制效率順序為：D養雞場>E養雞場；在防塵網與噴霧下，由圖10所示，TSP粉塵防制效率順序為：D養雞場>E養雞場；PM₁₀粉塵防制效率順序為：D養雞場>E養雞場；PM_{2.5}粉塵防制效率順序為：D養雞場>E養雞場。

四、結論

- 1.研究結果得知於養雞場下風處，粉塵濃度常高達 600μg/m³ 以上，極易超過國內畜牧場周界標準 500μg/m³。
- 2.養雞場之粉塵 TSP、PM₁₀與 PM_{2.5}質量濃度各約為 296~674、135~233、53~178 μg/m³。雞場之粉塵逸散濃度順序：A 養雞場 > B 養雞場 > D 養雞場 > C 養雞場 > E 養雞場。
- 3.養雞場下風處量測粉塵粒徑分布，得知其中粒徑僅為 5 μm，遠小於目前一般設置之防塵網網目(約為 0.1~1.0 mm)，致使既存設施無法發揮除塵功能，並導致嚴重粉塵排放。
- 4.A 養雞場 TSP 濃度為 673.8 μg/Nm³，PM₁₀濃度為 215.3 μg/Nm³，PM_{2.5}濃度為 147.9 μg/Nm³；B 養雞場 TSP 濃度為 657.7 μg/Nm³，PM₁₀濃度為 232.4 μg/Nm³，PM_{2.5}濃度 177.9 μg/Nm³；C 養雞場 TSP 濃度為 391.9 μg/Nm³，PM₁₀濃度為 135.9 μg/Nm³，PM_{2.5}濃度為 92.6 μg/Nm³。D 養雞場 TSP 濃度為 578.1 μg/Nm³，PM₁₀濃度為 156.8μg/Nm³，PM_{2.5}濃度為 98.8 μg/Nm³；E 養雞場 TSP 濃度為 296.9 μg/Nm³，PM₁₀濃度為 158.5 μg/Nm³，PM_{2.5}濃度為 52.2 μg/Nm³。
- 5.製茶業之總粉塵暴露濃度介於 8.3 至 24.9 mg/m³，平均為 16.8 mg/m³，而可呼吸性粉塵濃度則介於 1.0 至 6.4 mg/m³，平均為 3.2 mg/m³，遠比養雞業之粉塵暴露量高出許多。
- 6.D 養雞場裝有防塵網之粉塵防制效率：TSP 為 7.0

- %， PM_{10} 為 29.3 %， $PM_{2.5}$ 為 38.4 %；裝有防塵網與噴霧效率：TSP 為 18.5 %， PM_{10} 為 40.8 %， $PM_{2.5}$ 為 47.5 %。E 養雞場裝有防塵網之粉塵防制效率：TSP 為 6.9 %， PM_{10} 為 12.3 %， $PM_{2.5}$ 為 13.0 %；裝有防塵網與噴霧效率：TSP 為 17.2 %， PM_{10} 為 19.3 %， $PM_{2.5}$ 為 12.2 %。
7. 本研究針對防塵網效率評估結果得知 TSP、 PM_{10} 與 $PM_{2.5}$ 控制效率分別為 38.4、29.3 與 7.0 %。同時採用防塵網與噴霧效率，則 TSP、 PM_{10} 與 $PM_{2.5}$ 控制效率分別為 47.5、40.8 與 18.5 %。

參考文獻

1. 中華民國養雞協會，養雞場污染防治操作手冊，農業委員會委託計畫，台北，2005。
2. 行政院環保署，空氣品質結果分析及因應對策，2004。
3. 行政院環保署，空氣品質標準，2004。
4. 行政院環保署，固定污染源空氣污染物排放標準，2002。
5. 李志賢，農業污染防治技術與策略，崑山科技大學，台南，2002。
6. 林雅智，“南投縣粒狀污染物管制策略之研究”，碩士論文，中興大學環境工程研究所，台中，2004。
7. 陳錦輝，“流動式顆粒床過濾系統之流道設計及濾材選擇對過濾性能影響之研究”，碩士論文，台灣大學機械工程學研究所，台北，2001。
8. 蔣德元“磚窯業粉塵污染控制技術研究”，碩士論文，元智大學機械工程研究所，桃園，1999。
9. 張章堂、林凱隆，空氣污染分析實驗手冊，宜蘭大學環境工程系，宜蘭，2004。
10. 蕭庭訓、程梅萍，水簾式畜禽舍之應用研究，農業委員會畜產試驗所，台南，2000。
11. 謝宗勳，“茶葉前段製造工人的肺功能、呼吸道症狀與茶葉粉塵的暴露及致敏狀態”，碩士論文，成功大學環境醫學研究所，台南，2003。

表 1 各家養雞場各粉塵濃度

Table 1 The dust concentrations for the chicken farms

粉塵濃度 養雞場	TSP	PM ₁₀	PM _{2.5-10}	PM _{2.5}
A	673.8	215.3	67.5	147.9
B	657.7	232.4	54.5	177.9
C	391.9	135.9	43.3	92.6
D	578.1	156.8	57.9	98.8
E	296.9	158.5	106.3	52.2

表 2 D 場在防塵網下與在防塵網與噴霧下之防制效率表

Table 2 The control efficiency of each strategy in the D chicken farm.

防制設備 防制效率	TSP(%)	PM ₁₀ (%)	PM _{2.5} (%)
防塵網	7.0	29.3	38.4
防塵網與噴霧	18.5	40.8	47.5

表 3 E 場在防塵網下與在防塵網與噴霧下之防制效率表

Table 3 The control efficiency of each strategy in the E chicken farm

防制設備 \ 防制效率	TSP(%)	PM ₁₀ (%)	PM _{2.5} (%)
防塵網	6.9	12.3	13
防塵網與噴霧	17.2	19.3	12.2

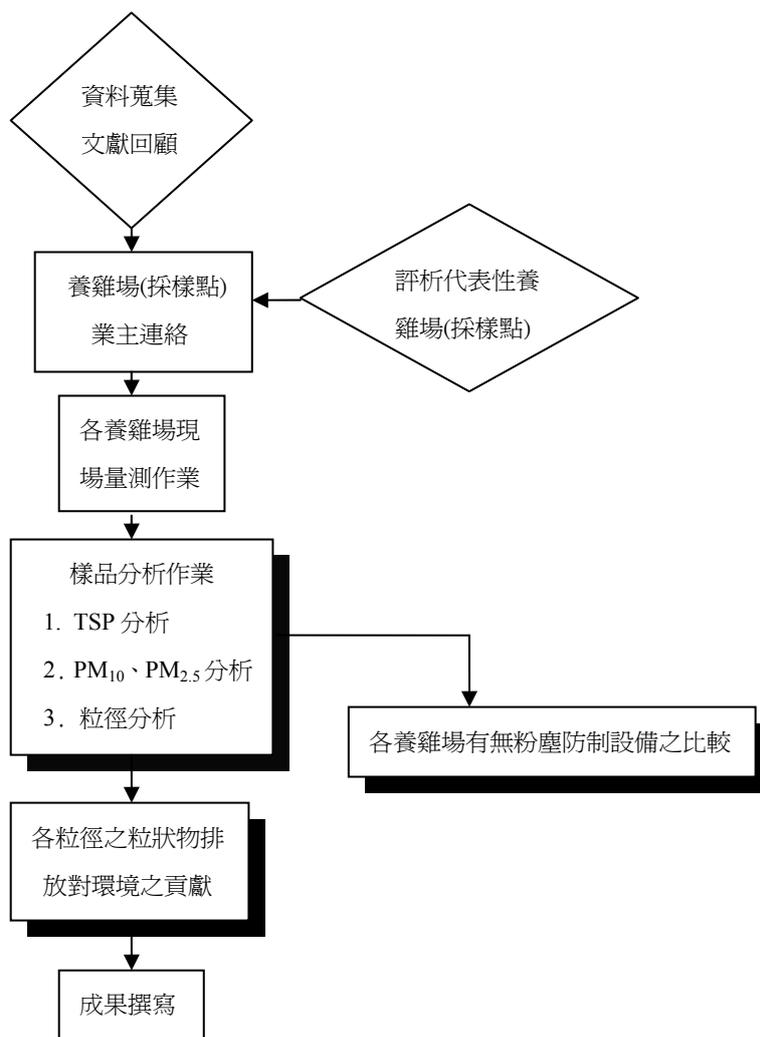


圖 1 研究流程圖

Fig 1 The research diagram of this study.

備註：具陰影者為本研究重點

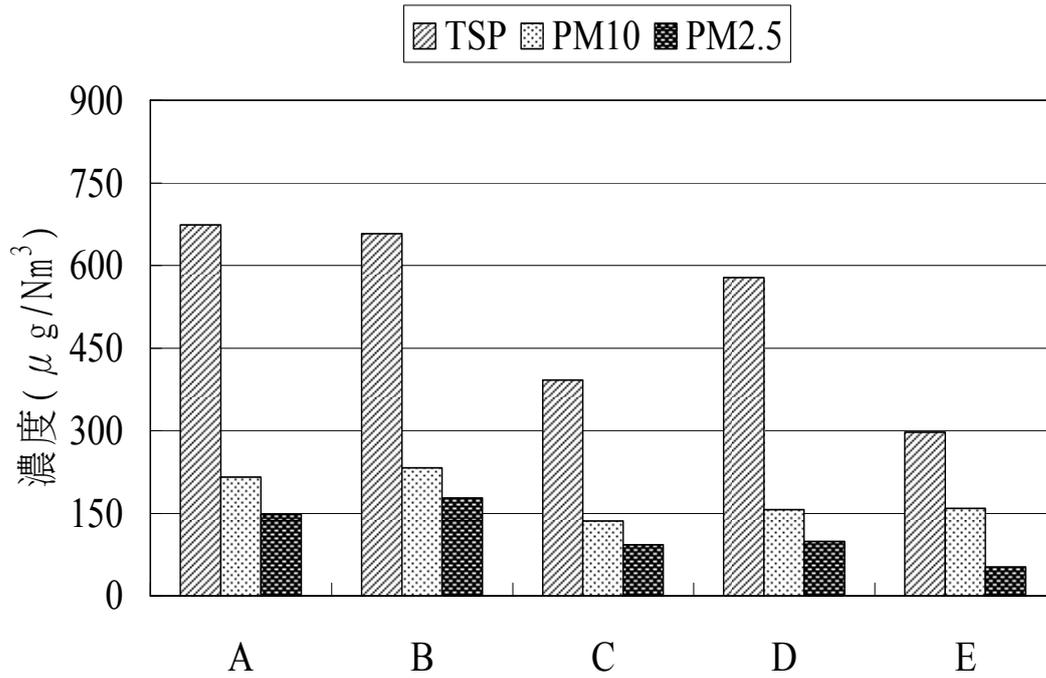


圖 2 各家養雞場 TSP、PM₁₀與 PM_{2.5}濃度比較圖

Fig 2 The concentrations of TSP, PM₁₀ and PM_{2.5} in the chicken farms.

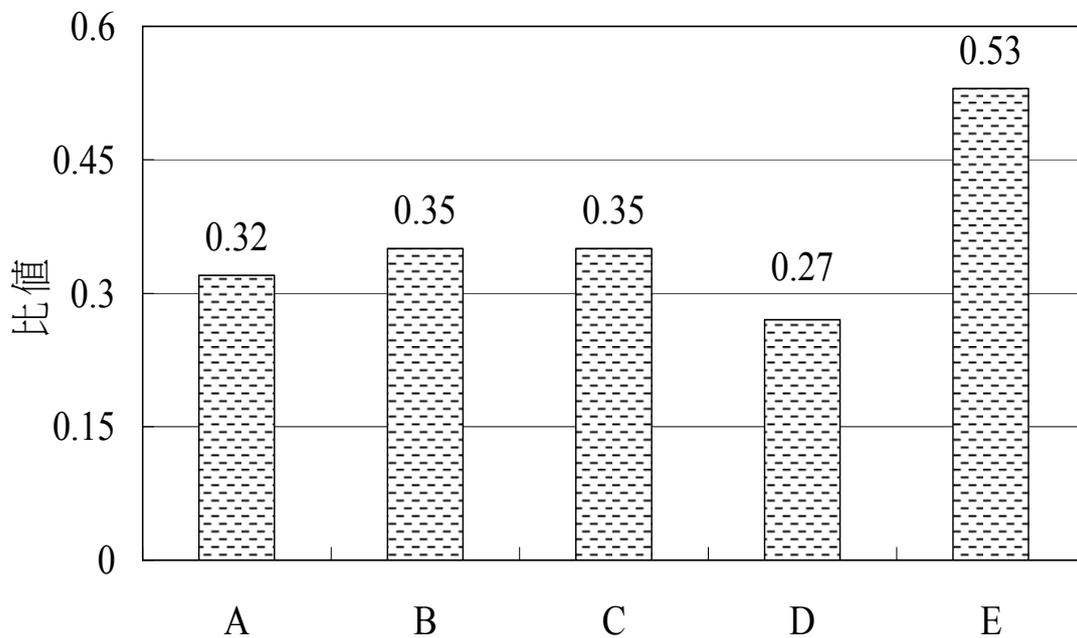


圖 3 各養雞場 PM₁₀/TSP 值比較圖

Fig 3 The ratios of TSP over PM₁₀ in the chicken farms

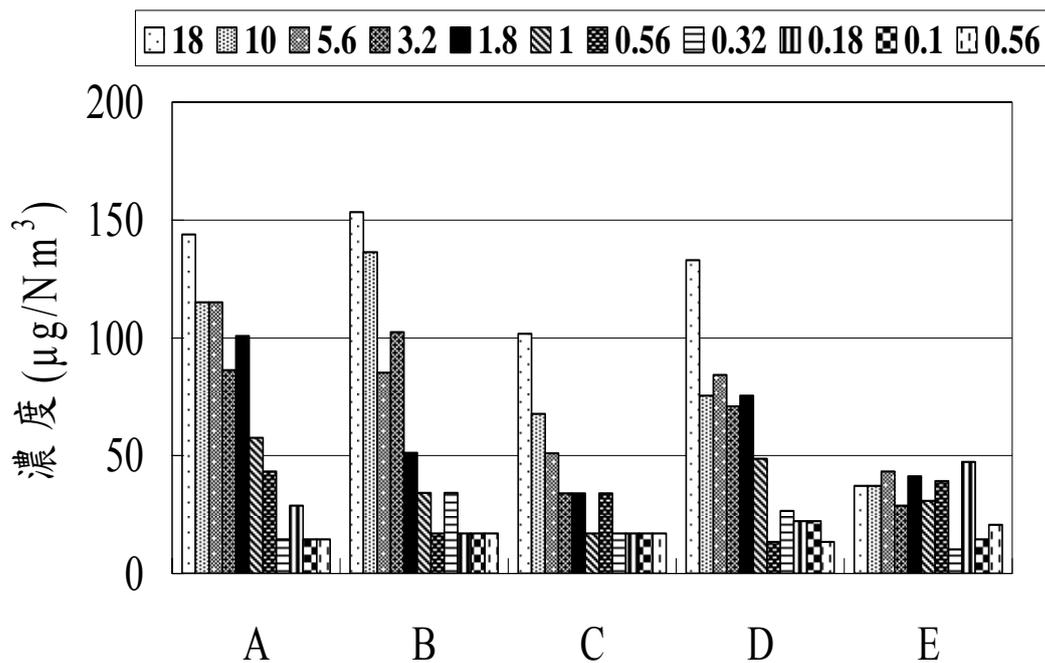


圖 4 各養雞場各粒徑之濃度比較圖

Fig 4 The particle size distribution in the chicken farms.

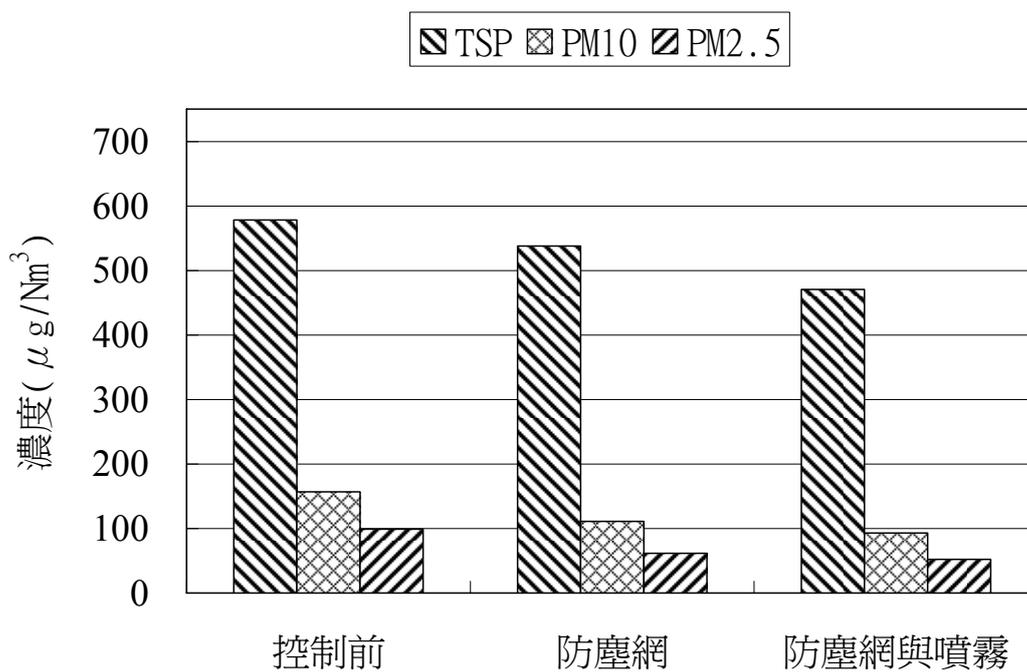


圖 5 D 養雞場各測點濃度

Fig 5 The particulate concentrations at different position in the D chicken farm.

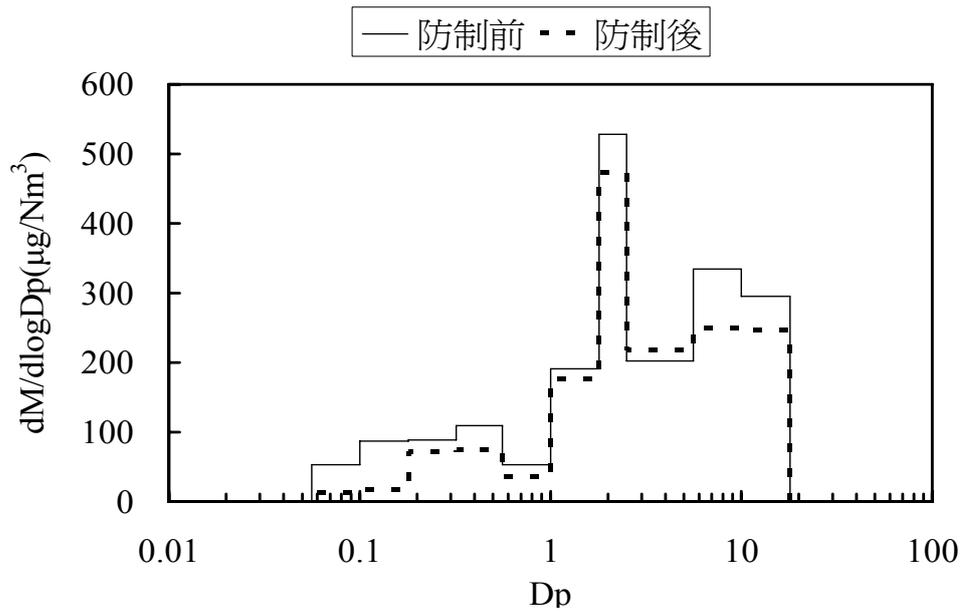


圖 6 D 養雞場防制前、後各粒徑濃度比較圖

Fig 6 The particle sizes distribution before control and after control in the D chicken farm.

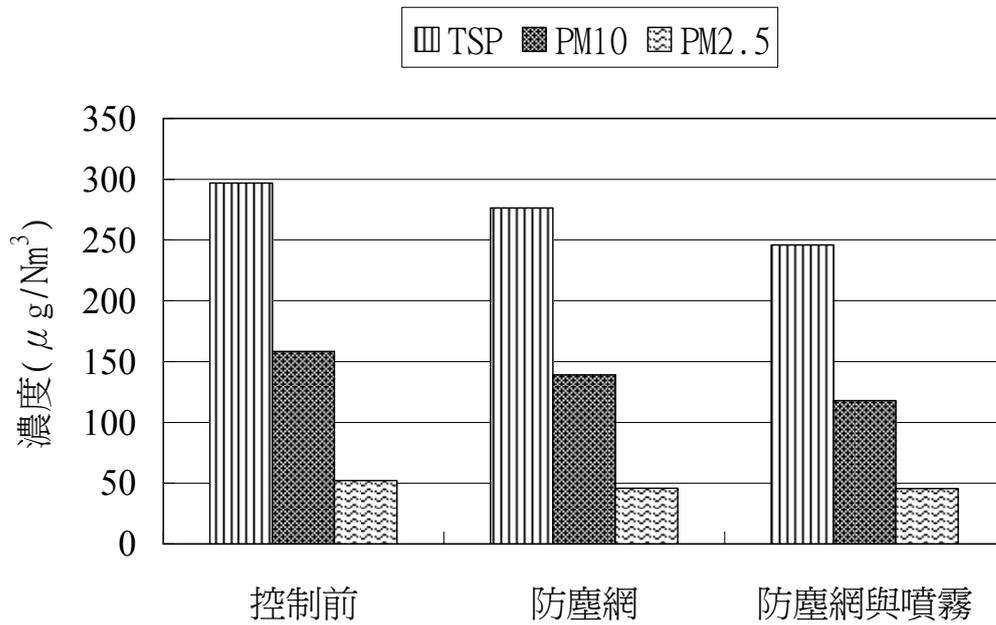


圖 7 E 養雞場各測點濃度

Fig 7 The particulate concentrations at different position in the E chicken farm.

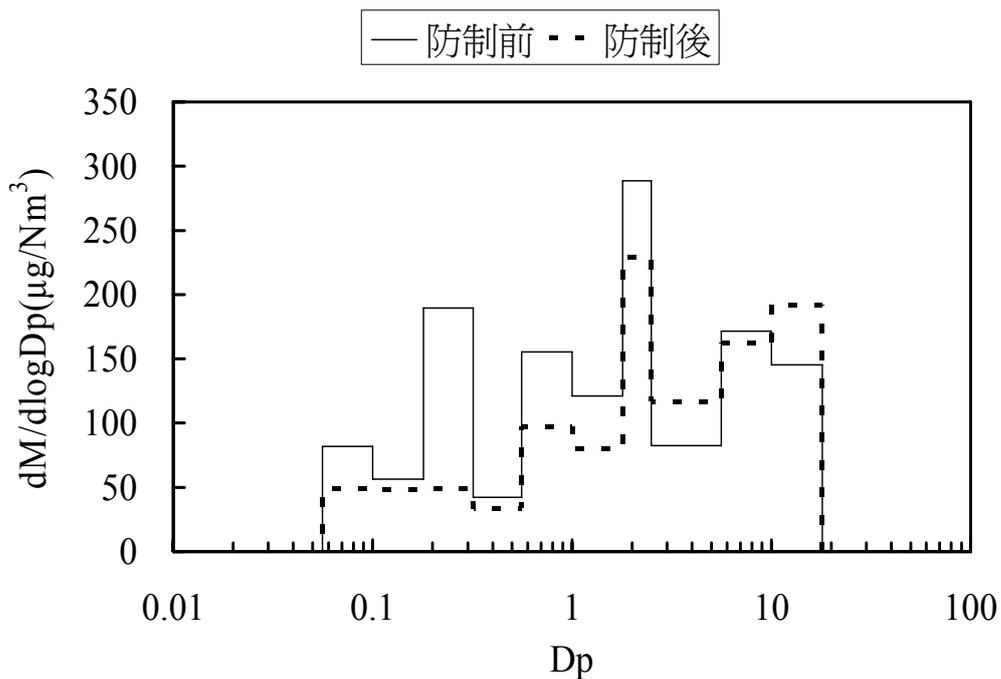


圖 8 E 養雞場防制前、後各粒徑濃度比較圖

Fig 8 The particle sizes distribution before control and after control in the E chicken farm.

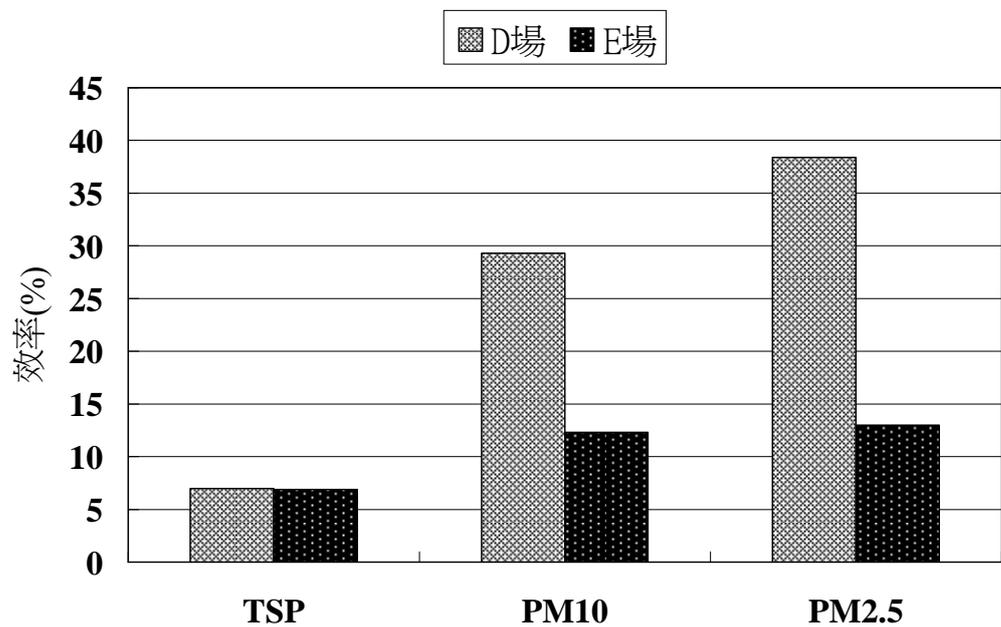


圖 9 D 場與 E 場在防塵網下之防制效率比較圖

Fig 9 The comparison of dust prevention net control efficiency between D and E chicken farms.

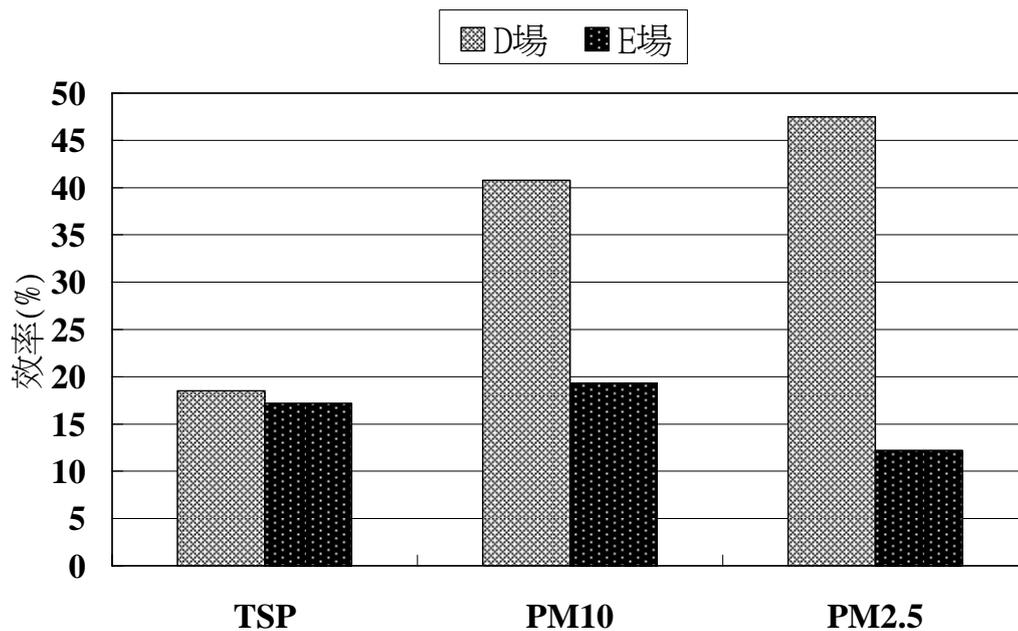


圖 10 D 場與 E 場在防塵網與噴霧下之防制效率比較圖

Fig 10 The comparison of control efficiency between D and E chicken farms.