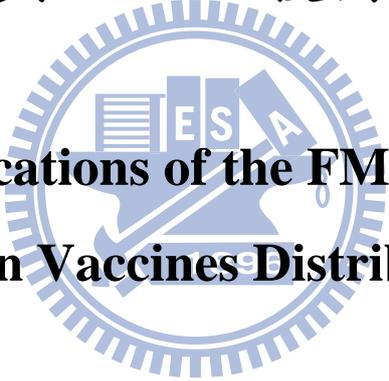


國立交通大學
運輸科技與管理學系

碩士論文

運用 FMEA 與 RFID 技術於疫苗配送流程

The Applications of the FMEA and RFID
Techniques in Vaccines Distribution Processes



研究生：張巍翰

指導教授：姚銘忠 教授

中華民國九十九年六月

運用 FMEA 與 RFID 技術於疫苗配送流程

The Applications of the FMEA and RFID Techniques in Vaccines Distribution Processes

研究生：張巍翰

Student: Wei-Han Chang

指導教授：姚銘忠

Advisor: Ming-Jong Yao



A Thesis

Submitted to Department of Transportation Technology and Management

College of Management

National Chiao Tung University

In Partial Fulfillment of Requirements

For the Degree of

Master

In

Transportation Technology and Management

June 2010

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國 九十九 年 六 月

運用 FMEA 與 RFID 技術於疫苗配送流程

研究生：張巍翰

指導教授：姚銘忠 教授

國立交通大學運輸科技與管理學系碩士班

摘要

疫苗為高單價產品，對溫度敏感且具時效性，一旦發生溫度改變或是其他原因，造成疫苗變質、毀損等情況，可能造成疫苗功能失效，更可能因而產生龐大的成本損失。近年來有許多針對低溫物流配送問題之研究，然而這些研究大部分針對食品、花卉、農產品(蔬菜、水果)等物品進行研究，鮮少針對低溫疫苗配送問題進行探討。

有鑑於此，本研究針對低溫疫苗配送流程進行企業流程再造(Business Process Reengineering, BPR)文件化方式，運用失效模式與效應分析手法(Failure mode and effects analysis, FMEA)及無線射頻識別(Radio Frequency Identification, RFID)技術開發一套監控疫苗配送流程之資訊系統，建立一套標準化疫苗配送程序與緊急警報功能，以避免疫苗發生失效之情況，並將此套 RFID 資訊系統於實務上進行測試與應用。

本研究之結果顯示 RFID 資訊系統的建立確實有其必要性，透過即時性監控溫濕度功能，使用者可以隨時掌握疫苗溫濕度之現況，相對於現行疫苗配送流程，於配送過程中發生任何情況無法得知，若不幸疫苗溫濕度發生異常，通常僅能於事後察覺。因此，建立一套溫濕度監控機制，符合事前防範優於事後察覺之理念，且警報功能之設計可提早警報使用者疫苗將可能進入異常狀態，使用者可提前進行緊急處理，避免疫苗發生失效情況，其節省之成本具有相當效益。

從社會安全的角色來看，RFID 資訊系統的建立，可有效掌握疫苗於配送流程中的即時的溫濕度變化，相較於現行疫苗配送流程缺乏通透度之情況，可避免因懼怕龐大的賠償成本於隱瞞疫苗失效事實，進而增加使用者在使用疫苗時之可靠性與安全性。

關鍵字：疫苗，企業流程再造，失效模式與效應分析，無線射頻識別技術

The Applications of the FMEA and RFID Techniques in Vaccines

Distribution Processes

Student: Wei-Han Chang

Advisor: Ming-Jong Yao

Department of Transportation Technology and Management

National Chiao Tung University

Abstract

Vaccines are high-value products with higher sensitivity in temperature control than other products. When the temperature readings of vaccines fall in out of-control range, the batch of vaccines may be damaged, and it usually leads to a huge loss. Many researchers have been working on the studies of logistics for “cold-chain”, e.g., food, flowers, agriculture products such as vegetables and fruits, etc. recently. However, few studies addressed to the temperature monitoring in the distribution of vaccines in the literature.

In order to solve this problem, we employ the techniques of Business Process Reengineering (BPR) and Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) and the Radio Frequency Identification (RFID) technology to propose a Standard Operating Procedure and develop an information system for monitoring the distribution processes of vaccines in this study.

Our results show that the proposed RFID-based information system is very helpful for the distribution processes of vaccines since it monitors the temperature readings in a real-time fashion that significantly improves the as-is situations in which the users can not detect the occurrence of any incident/failure until the distribution process of vaccine has been out of control. Therefore, our proposed system also highlights its alerting function that is able to show warnings and to allow the users some time for taking actions in advance. We assert that our proposed system is able to save considerable costs by avoiding the occurrence of the failure of vaccines.

With the view of social warfare, the proposed RFID information system can assist the users to monitor the temperature readings so as to avoid the concealment of damaged vaccine and to effectively improve the reliability of the distribution processes and to security the quality of vaccines.

Keywords: Vaccines, Business Process Reengineering, Failure Mode and Effects Analysis, Radio Frequency Identification.

致謝

在新竹吹風的這兩年，最感謝的就是恩師 姚銘忠 教授的指導，有老師您的細心灌溉，讓我成長茁壯。老師您的訓誡與關懷，我將永遠記在心裡。

謝謝期中報告審查委員與口試委員 黃寬丞教授、黃明居教授及德明科大的陳百盛教授，讓我在論文撰寫之路獲得相當大的助益。

謝謝系上教授兩年來的教導，這兩年的課程中讓我充實我自己的專業知識，更學習到做人處事的道理。

感謝實驗室的惟茵學姐，在我撰寫論文時，提供相當大的幫助。也感謝在交大的同窗兼好友，愛碎碎念的叔公、正妹宜霖、帥哥坤耀、酷酷的修安、愛哭哭的高凌風，一路以來的陪伴與切磋，也感謝交大各位同學。更感謝研究室最可愛的小朱及依潔學妹，因為兩位可愛學妹的加入，讓研究室更為溫馨與熱鬧，感謝研究室裡最挺我的幽默學弟思賢。感謝從逢甲到交大一直以來的學弟-熱心的郁哲。有了你們，讓我這交大的這兩年，每天都過得相當精彩。

感謝逢甲運管的好同學，小白、小花、小傑、成翰、旻翰、老別、朝翔、阿達、王 A、瓜瓜、詩晨，也感謝從小到大的好同學兼好朋友，家豪、佑軒、浩呆、阿東、阿富、阿瑞、嘉哲、亞培、鴨鴨。謝謝你們，豐富我的人生。

感謝我的女友奕如，陪我度過一路走來的辛苦，還好有你，讓我更有衝勁。

最後，衷心感謝我最愛的家人，老爸、老媽以及妹妹，有了你們的支持，才有今天的我，謝謝你們無怨無悔的關懷與付出，我愛你們。

目錄

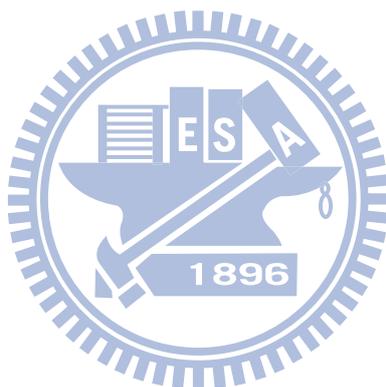
中文摘要	i
英文摘要	ii
致謝	iii
目錄	iv
圖目錄	v
表目錄	vi
第一章 緒論	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究動機與目的	2
1.3 研究範圍	3
1.4 研究架構與流程	3
第二章 文獻回顧	8
2.1 疫苗配送文獻：	8
2.2 企業流程再造於配送及醫療相關領域之運用：	9
2.3 失效模式與效應分析於配送及醫療相關領域之運用：	10
2.4 無線射頻識別系統於配送及醫療相關領域之應用：	13
2.5 結論	15
第三章 研究方法	17
3.1 現行疫苗配送流程(AS-IS)分析方法	17
3.1-1 現行疫苗配送流程文件化	17
3.1-2 將失效模式與效應分析(FMEA)應用於疫苗配送流程	18
3.2 合理化推估之疫苗配送流程	21
3.2-1 迴歸預警機制分析	21
3.3 導入 RFID 前後之成本效益計算	25
第四章 現行疫苗配送流程(AS-IS)	27
4.1 現行疫苗配送流程文件化	27
4.1-1 現行疫苗配送流程圖	27
4.1-2 運用文件化彙整之現行疫苗配送(AS-IS)模式	30
4.2 導入失效模式與效應分析(FMEA)於現行疫苗配送流程	34
第五章 合理化之疫苗配送流程	41
5.1 合理化推估(TO-BE)疫苗配送流程文件化	41
5.1-1 合理化疫苗配送流程圖	41
5.1-2 運用文件化彙整之合理化疫苗配送(TO-BE)流程	45
5.1-3 合理化疫苗配送流程之解決成果	64
5.2 開發 RFID 資訊系統	66
第六章 討論	77
6.1 迴歸預警機制範例	77
6.2 成本效益評估	78
6.2-1 每年折舊成本與每年節省成本之比較	78
第七章 結論與建議	83
參考文獻	86
附錄	91

圖目錄

圖 1.1 研究架構圖.....	5
圖 1.2 研究流程.....	7
圖 3.1 迴歸模式判定實施步驟.....	24
圖 3.2 迴歸判斷選取資料方式.....	25
圖 4.1 現行疫苗配送流程圖.....	27
圖 4.2 溫度監視卡正面.....	32
圖 5.1 疫苗配送流程導入 FMEA 手法與 RFID 資訊系統.....	41
圖 5.2 溫濕度發射接收器.....	45
圖 5.3 智慧型冰桶.....	46
圖 5.4 HF 13.56MHz AMP 600 讀取器.....	46
圖 5.5 ISO 15693 型 HF13.56MHz 電子標籤.....	47
圖 5.6 UHF433MHz 主動式讀取器.....	48
圖 5.7 疫苗配送流程示意圖.....	50
圖 5.8 客戶端輸入帳號密碼.....	51
圖 5.9 客戶端訂單功能畫面.....	51
圖 5.10 客戶端新增訂單畫面.....	52
圖 5.11 疫苗廠商評估是否接受訂單畫面.....	53
圖 5.12 物流廠商新增並列印出貨單畫面.....	53
圖 5.13 出貨單.....	54
圖 5.14 即時溫濕度資訊偵測.....	57
圖 5.15 物流廠商查詢配送時疫苗溫濕度.....	57
圖 5.16 偵測之溫度高於設定之溫度上限.....	58
圖 5.17 客戶查詢訂單介面.....	62
圖 5.18 客戶查詢溫濕度結果.....	63
圖 5.19 RFID 資訊系統架構圖.....	67
圖 5.20 疫苗廠商登入介面.....	68
圖 5.21 疫苗註冊介面.....	69
圖 5.22 物流廠商基本資料維護.....	70
圖 5.23 客戶基本資料維護.....	71
圖 5.24 讀取器無法偵測到電子標籤情況.....	74
圖 6.1 時間與溫度迴歸線.....	77
圖 6.1 成本效益圖(可折舊 5 年).....	79
圖 6.2 成本效益圖(可折舊 7 年).....	80
圖 6.3 成本效益圖(可折舊 8 年).....	80
圖 6.4 成本效益圖(可折舊 9 年).....	81
圖 6.5 成本效益圖(可折舊 10 年).....	81

表目錄

表 3.1 FMEA 表單形式.....	20
表 3.2 失效模式發生頻率評分表.....	20
表 3.3 影響度評估表.....	20
表 3.4 軟硬體成本.....	26
表 4.1 現行疫苗配送流程之 FMEA 表單.....	36
表 5.1 合理化推估模式各片段流程所需軟硬體.....	48
表 5.2 各端點資訊平台所需硬體與功能整理.....	75



第一章 緒論

本研究針對低溫疫苗(以下以疫苗稱之)配送流程進行企業流程再造(Business Process Reengineering, BPR)文件化方式,運用失效模式與效應分析手法(Failure mode and effects analysis, FMEA)及無線射頻識別(Radio Frequency Identification, RFID)技術開發一套監控疫苗配送流程之資訊系統,並建立一套標準化疫苗配送程序與緊急警報功能,以避免疫苗發生失效之情況。並將此套 RFID 資訊系統於實務上進行測試與應用,最後評估導入 RFID 資訊系統對整體疫苗配送流程產生之效益。

1.1 研究背景

近年來有許多針對低溫物流配送問題之研究,然而這些研究大部分針對食品、花卉、農產品(蔬菜、水果)等物品進行研究,鮮少針對低溫疫苗配送問題進行探討。疫苗為高單價產品,對溫度敏感且具時效性,因此當疫苗由疫苗廠商出貨,透過物流公司配送至客戶端途中,一旦發生溫度改變或是其他原因,造成疫苗變質、毀損等情況,可能造成疫苗功能失效,更可能因而產生龐大的成本損失。因此如何安全且透明化的將疫苗運送至客戶端,乃本研究著重的重點。

Alan et al. (1997)指出美國 75%孩童疫苗是由公共健康部門(Public Health Departments)負責配送,在美國廣闊的領土下,隨著季節的不同與地理位置的不同,其溫度差異極大,因此疫苗溫度的掌控,就顯得格外重要。

楊錦洲(2006)提出醫藥物流(Pharmaceutical logistics)除了配合醫院、診所及藥局等通路的物流需求外,針對藥物流業特殊的產業特性須確保醫藥品在庫存管理及配送過程中品質的穩定性,尤其是屬於高風險之溫控產品,如:疫苗(Vaccines)需嚴格監控其在流通過程中的溫度在 2~8°C 之間,才能保障其品質穩定性與醫療效果。

根據中華民國財政部關稅總局(2009)指出 2007 年由國外進口之疫苗總產值達新台幣 19 億;而 2008 年由國外進口之疫苗總產值達新台幣 26 億;2009 年由國外進口之疫苗總產值達新台幣 36 億。且經濟部生技中心疫苗白皮書(2006)指出疫苗市場自 2005 年起每年即以二位數快速成長,預計 2012 年全球疫苗將超過 200 億美元。由此之未來台灣每年有價值 30 億以上的疫苗需要透過配送的方式送至各個客戶端,一旦在配送過程中溫度發生變化,疫苗可以因此產生失效之風險,且伴隨著龐大的賠償金額。根據訪談低溫物流配送業者 A 表示,他們曾因配送車空調系統故障造成疫苗溫度過高,因而造成整車疫苗毀壞,賠償的金額高達 40 萬。

台灣目前面臨 A 型流感肆虐之問題，在疫苗欠缺之情況下，每一箱疫苗皆極為珍貴，疫苗配送問題更顯得重要。一旦配送過程發生失誤，出現疫苗毀損之情況，使得急需接種疫苗之病患沒有疫苗可用，亦或者於配送時因為溫度過高造成疫苗失效，卻由於缺乏透明化的配送流程，使得病人在不知情況下接種失效疫苗，其衍生出來的社會成本問題更是難以估算。有鑑於此，疫苗配送問題確實是一個目前應該積極加強研究的範疇。

1.2 研究動機與目的

台灣現今的疫苗配送流程欠缺以科技輔助辨識及監控的方法。近年來由於無線射頻識別技術(Radio Frequency Identification, RFID)技術的發展，使得物流系統在流程上的監控以及資訊取得能夠提升效益。透過 RFID 技術可對疫苗的運送流程進行全程的監控，隨時掌握疫苗配送情況以及溫度變化，進而在可能產生失誤之風險發生時，可以進行緊急處理。

RFID 提供改善物流系統之技術，然而從管理層面而言，不只是技術的提升，更需要整體流程的改善，以達到確實之品質管理。應用失效模式與影響解析手法(Failure mode and effects analysis, FMEA)，其目的即在於指出系統或是裝置失效的要因，針對這些導致系統故障要因進行處理，進而增加可靠度。近年來 FMEA 手法在國內外也廣泛地被應用在各產業，諸如：汽車業、通訊業、電力系統、家電用品、一般產業等，均常見 FMEA 手法的使用。其應用範圍也從產品規劃、設計、製作以及使用等階段，涵蓋產品的整個生命週期。在實施 ISO9000 系列的品質管理計畫中，清楚地記載 FMEA 手法的運用。

本研究著眼於 RFID 技術逐漸發展成熟，同時 FMEA 手法目前被廣泛的應用於增加產品的可靠度，進而提升產品的品質。本研究透過企業流程再造進行疫苗配送流程的改善，並搭配 FMEA 降低所有失誤發生的機率，在技術層面導入 RFID 技術來監控疫苗與儲藏空間之溫度及濕度，以降低疫苗的損壞率，減少額外的成本損失，同時透過監控系統，當損失發生時，得以釐清責任歸屬。

本研究主要希望透過檢討現行疫苗配送流程，了解其從疫苗廠商運送至客戶端之過程中所存在之潛在風險與可能損失，指出現行疫苗配送過程的缺失，並且導入 RFID 及 FMEA 於疫苗配送的流程中，進行原本配送流程之改善。並建構一套 RFID 資訊系統監控疫苗之配送流程，透過電腦、車機與網際網路傳輸，達到資訊透明化等效益，若發生失效情形除了車機會發出警告，車機亦會即時利用 3.5 無線網卡，全球行動通訊系統 (Global System for Mobile Communications, GSM) 或整合封包無線電服務(General Packet Radio Service, GPRS)緊急通報物流中心指示司機做緊急的處理，進而減少配送過

程中可能發生之疫苗失效情形，達到整體流程之改善，減少企業之損失。後續則利用量與機率的模式來探討本研究導入 RFID 以及 FMEA 對疫苗配送整體成本之影響。

本研究所使用之研究方法以及建構之 RFID 資訊系統將可提供物流業者以及醫療系統管理者，達到即時監控疫苗溫濕度之目的，並於未來可將此方法應用於對溫濕度敏感之商品。

1.3 研究範圍

本研究範圍乃針對現行疫苗配送流程進行探討，透過實際訪談個案配合物流廠商 A 的司機與主管，以及實際參與配送流程，了解現行疫苗配送流程的操作方式。利用錄音與拍照方式記錄訪談過程，於訪談後利用 Visio 繪製流程圖與撰寫情境說明方式幫助釐清現行疫苗配送情況。

而本研究重點則著重於疫苗配送過程中的溫濕度監控功能，從客戶下訂單，疫苗廠商評估訂單，指派物流廠商進行配送，直到配送至客戶端完成驗收動作為止。皆為本研究探討配送流程中溫濕度變化的討論對象。並討論疫苗配送流程中的資訊流與物料流流動方向，金流部分則不為本研究之研究範圍。

將現行疫苗配送流程進行流程改善，導入 RFID 資訊系統於現行疫苗配送流程，開發各端點資訊平台，建立一套標準化操作機制，並記錄溫濕度於資料庫系統。透過 RFID 資訊系統軟硬體部分達成監控疫苗溫濕度之目標，且開發一即時警報功能，配合迴歸預警機制功能輔助司機進行判斷疫苗是否有毀損之風險，而於配送過程中物流端、客戶端皆可透過資訊平台連線到資料庫系統查詢溫濕度狀況，以達成資訊透明化之概念。最後針對導入 RFID 資訊系統前後所可能產生之成本效益進行討論。

1.4 研究架構與流程

本研究架構首先觀察與實際訪談個案配合廠商，檢討現行疫苗配送流程，透過繪製流程與情境說明等文件化方式用以釐清現行疫苗配送情形。針對文件化所產生之流程圖與情境說明，協同個案配合廠商運用 FMEA 手法找出現行疫苗配送流程之缺失。其中現行疫苗配送流程缺乏即時溫濕度監控功能，且配送流程缺乏通透度。疫苗於配送過程可能受到：

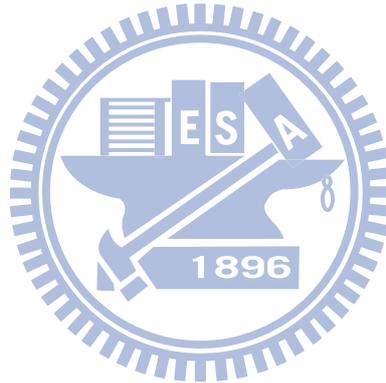
1. 外在環境影響，如：當時的氣候情況、當天的氣溫等因素影響。

2.人員操作的方式，如：空調的溫度設定、搬運過程中長期將保溫箱曝曬於室溫下。

3.冷藏設備的因素，如：空調系統故障、空調系統呈現忽冷忽熱等情況。

上述因素可能導致疫苗於配送過程中產生溫濕度異常情況，於現行的疫苗配送流程，因缺乏即時的溫濕度監控功能，且配送流程缺乏通透度。當疫苗溫度呈現異常情況，可能因此導致疫苗毀損，進而產生龐大的賠償成本；若疫苗不幸於配送過程中發生毀損，也可能因配送流程缺乏通透度，使得民眾於不知情情況下接種毀損疫苗，其品質與安全性更是令人所擔憂。

鑑於此，本研究針對 FMEA 所找出之失效模式推出一合理化疫苗配送流程，並導入 RFID 資訊系統於疫苗配送流程，透過 RFID 資訊系統的即時溫濕度監控功能，當疫苗溫濕度有異常風險時，系統可提早給予使用者警報，讓使用者可進行緊急的處置，進而避免疫苗毀損所產生龐大的賠償成本。而 RFID 資訊系統資料庫的建立，使得疫苗於配送過程中溫濕度皆有所記錄，增加疫苗的可靠性與安全性。



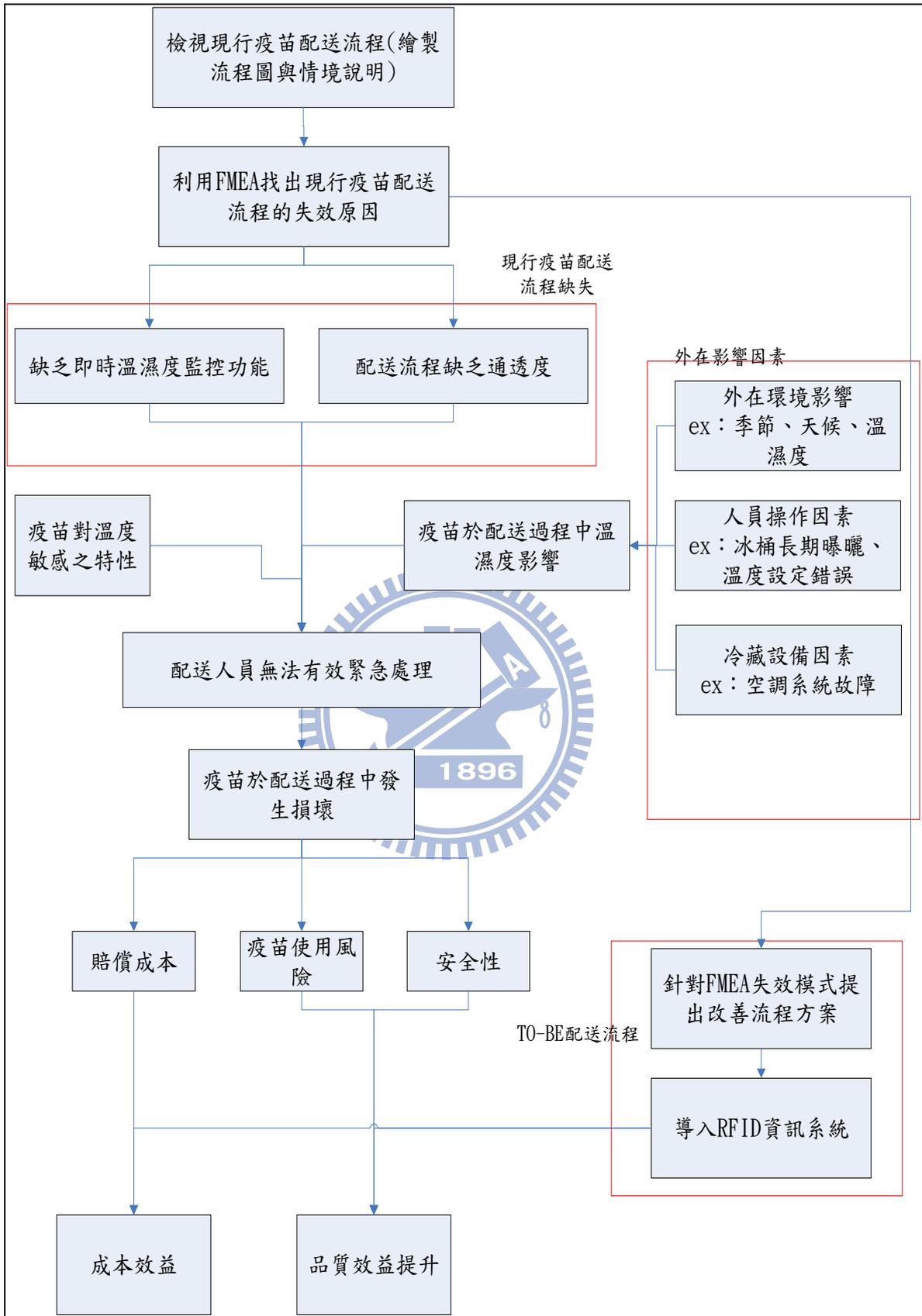


圖 1.1 研究架構圖

本研究流程首先介紹研究背景、研究動機與目的，接著探討疫苗、BPR 與 FMEA 以及 RFID 相關文獻，擬定研究架構，並進行廠商之訪談。經由訪談之後以文件化方式繪製現行疫苗配送模式之流程圖，並透過訪談疫苗廠商、物流配送廠商與醫院端客戶，利用 FMEA 手法找出可能造成重大失誤之流程，再配合企業流程再造手法，運用 RFID 技術協助建構一套 RFID 資訊系統平台，以改善現有疫苗模式之缺失，最後探討本資訊平台的建立對疫苗配送整理流程之經濟效益影響。

本研究的流程大致為以下階段：

- (一) 探討研究問題：了解研究問題，並確定研究主題。
- (二) 文獻蒐集：蒐集文獻資料，並進行文獻探討。
- (三) 確認研究架構與方向。
- (四) 進行內部訪談與觀察作業現場：訪談疫苗廠商並於作業現場進行觀察與紀錄；訪談物流業者，了解目前配送流程與面臨之困難；訪談醫院端客戶了解目前採購流程及審核疫苗安全性之標準。
- (五) 流程文件化：將訪談與觀察到的作業流程以流程圖形式文件化。
- (六) 分析流程：制定 FMEA 表單，透過與訪談業者進行討論，找出目前配送流程可能產生之重大流程缺失與潛在風險。
- (七) 提出解決方案：透過 RFID 技術協助開發一套即時監控資訊平台，隨時掌握目前現行配送流程。一旦發生可能失效之風險時，則可進行緊急處理。
- (八) 與配合廠商進行 RFID 資訊系統實際測試。
- (九) 成本效益評估：比較導入 RFID 資訊系統前後所造成之成本效益。
- (十) 結論與建議：提出合理的結論與建議。



圖 1.2 研究流程

第二章 文獻回顧

本研究訪談個案配合廠商將現有疫苗配送流程，運用文件化方式表示，並繪出流程圖幫助釐清實際操作情況。接著運用 FMEA 手法找出現有疫苗配送流程存在且可能產生的各項失效情況，將上述不適合之作業方式或流程進行流程再造(BPR)，接著導入 RFID 技術於疫苗配送流程，最後針對整體疫苗配送流程進行成本效益評估。

在本章節中，將針對疫苗相關文獻，企業流程再造(Business Process Reengineering, BPR)，失效模式與影響解析手法(Failure mode and effects analysis, FMEA)以及無線射頻識別系統 (Radio Frequency Identification, RFID) 相關文獻進行探討。

2.1 疫苗配送文獻：

Alan et al. (1997)運用不同包裝方式與包裝材料於疫苗配送，並在模擬之環境艙及實際環境中進行測試，其測試結果指出，具有良好絕緣之包裝可以有效減少疫苗溫度變化之情況。

Dipika et al. (2007)整理過去疫苗冷鏈(cold-chain)之相關研究，發現在配送的過程中有 14%~35%會面臨疫苗冰凍之風險，而其中有 6 個研究於配送過程中有 75%~100%會面臨冰凍之風險。接著作者提出正在發展及發展中的國家可能面臨孩童欠缺疫苗之情況，因此如何將有效且足夠的疫苗安全配送至各區域是相當重要的。

小結：過去國外有針對疫苗配送進行一些相關研究，Alan et al. (1997)提出具良好絕緣的包裝方式與包裝材料可有效減少疫苗於配送過程中溫度之變化；而 Dipika et al. (2007)學者則整理過去的文獻，提到於配送過程中，可能面臨疫苗冰凍之情況，因此如何安全且有效將疫苗運送至目的地是相當重要。但上述的研究與本研究有所差異，本研究利用 RFID 技術達到即時監控疫苗溫濕度，並達到資訊共享之概念，而不管是透過特殊包材或者即時監控疫苗溫濕度，都是為了能夠減少疫苗發生失效之情況。

台灣地處亞熱帶地區，因此疫苗冰凍之情況於台灣不太可能發生，本研究著重的是避免於配送過程中，達到溫度過高之情況，當然若冷藏空調出現異常低溫情形，資訊系統仍能即時發出警告，告知使用者目前疫苗溫濕度現況。

2.2 企業流程再造於配送及醫療相關領域之運用：

企業流程再造(Business Process Reengineering, BPR)的定義：根據 Hammer & Champy (1993)的定義，所謂企業流程改造乃是「從根本思考起，重新設計企業流程，以期在成本、品質、服務和速度等關鍵績效衡量表現上，獲得重大戲劇性的改善。」這個定義中包含四個重要的關鍵字：

1. 根本(fundamental)：企業負責人必需自問最根本的問題：為何我們要這麼做？通常會發現，所依循的作法，會出現過時、錯誤，或甚至根本就不適合。
2. 徹底(radical)：徹底翻新，從根本改造。不是透過簡單的修補或做表面的改變，而是拋開傳統包袱，另闢工作途徑來完成工作。
3. 戲劇性的(dramatic)：改造絕非緩和、漸進式的改善，而是大幅度的跳躍。漸進式的變革需要精細微調(fine-tuning)；而戲劇性的改變必需汰舊換新。
4. 流程(process)：許多企業著眼於流程的片斷，如接單、盤點庫存等等，而忽略了流程本身。企業流程(business process)，就是企業將數種資源輸入轉換成對客戶有價值的輸出的一連串活動集合。

黃宗信(2008)以新竹貨運為研究對象，運用企業流程再造(BPR)的方法對運輸的作業流程進行改造，並導入 RFID 取代傳統 Barcode 的系統為研究目的，改善作業流程後導入不需人工揀貨的 RFID 進行運用，降低人力成本，並減少作業時間；不僅減少成本支出，還減少前置時間，提昇顧客滿意度。

Khan(2000)以某國際機場的空運貨物處理流程為研究對象，作者認為企業流程再造(BPR)為工業工程與科學管理近來最有效的改善模式，故以 BPR 為研究手法進行流程改善，在收集實際的資料後，繪製現況流程圖、進行流程分析，將資料匯總後，執行流程最佳化；將改善前後的流程進行比較，證實 BPR 的改善成果確實達到預期的效益，並提供更具優質服務的空運貨物處理流程。

Zhou & Chen(2007)作者認為中國的物流市場龐大，分析中國的物流業者後發現中國的物流業者皆屬於傳統的公司，在資訊技術，管理模式，網路運用等皆不足於國際企業，而在跨國企業進入市場前，應以企業流程再造(BPR)為基礎，對企業五大方面進行改造，概念再造、系統再造、組織再造、文化再造、技術再造，如此將使過渡期的傳統的公司轉變為先進的現代化物流公司，才能與國際企業一爭高下。

林慧欣(2005)以中部某醫學中心作為研究對象，以門診藥局調劑流程為主，以“工作研究”中的“時間研究”做為分析工具，分析出調劑作業常用藥品品項及罕用藥品品項，加以重新分配儲位；提出企業流程再造相關之 4 項建議，改善在調劑流程中所產生之瓶頸，並剔除流程中的閒置時間。經企業流程再造後可減少約 10.41%之閒置時間，同時提高約 8.95%的服務水準。

謝忠和(1999)以某公立區域醫院之急診部門為研究對象，建立對象部門之流程作業模型，並提出各項改善急診作業流程時間的方案，如：部門資訊化以減少批價流程、合併內外科診間、內外科醫師相互支援及採取新的放射科排班方式。最後以模擬軟體模擬各項改善方案以評估其對病患平均總就醫時間的影響。

陳湘珠(2008)為改善手術室的衛材補給以及存貨控制，需經過不同部門，此作業特性造成流程過於繁複，所以根據流程再造的理念，針對手術室二級庫衛材申購流程加以改造並導入資訊科技，且針對衛材的放置及儲藏做 5S 的改善。研究中利用目前非常普及的網頁之形式，與能夠對資料執行存取、新增、修改、備份的資料庫管理系統結合，以作為手術室對二級庫領料及手術室內耗用的衛材資訊系統。

小結：上述 BPR 案例的作業性質與疫苗配送流程特質，本身內容與特性差異極大，其研究結果難以應用於疫苗配送流程中。故本研究須依疫苗配送流程之作業特性，透過訪談及 FMEA 手法進行流程再造並開發設計配套之資訊系統。

2.3 失效模式與效應分析於配送及醫療相關領域之運用：

失效模式與效應分析(Failure mode and effects analysis, FMEA)最早於 1950 年代初期被格魯曼(Grumman)航空器公司首先提出，並將其應用於飛機操控系統失效分析。然後於 1963 年美國執行阿波羅計畫中，訂定契約中要求合約商需對計畫內容實施失效模式與效應分析，美國航空暨太空總署(NASA)成功將 FMEA 運用於太空研究。在 1970 年代開始 FMEA 便被廣泛的運用於太空、航空、汽車、機械、電子與醫療服務等各項產業中。1990 年起在醫療業有少數文獻應用 FMEA，1994 年安全藥物使用機構(ISMP)的總裁 Cohen 推薦 FMEA 使用於藥物使用流程之再設計，FMEA 才開始廣為醫療機構使用。

根據小野寺勝重(1998)對失效模式與效應分析的定義：FMEA 是一種指出系統或裝置等的故障要因之手法。當系統的機器或零件等發生故障時，此手法可用來找出該故障對系統造成何種影響，並指出造成重大影響之機器或零件。因此 FMEA 可以減少失效風險

之發生，並偵測及避免可能產生之風險，更進一步針對可能產生之失效情況找出解決方案，進而提高系統的整體可靠度及安全度。

FMEA 之相關名詞：

1. **可靠度(Reliability)**：產品在預定時段或任務時間內及環境壓力下發揮其足夠績效的條件機率。由主要的「失效率」與「修復次數」這兩項參數所組成，而導致失效的因素可分為三類：設施、環境與人為的失效原因。
2. **失效(Failure)**：又稱為「故障」，係指一般工業中所使用零組件在特定的條件內未能完成其所需要的功能。
3. **失效模式(Failure Mode)**：係指具體地描述失效發生的方式，如裂開、腐蝕、洩漏、振動、變形或折斷等。
4. **嚴重度(Severity)**：係指「失效模式」的後果而言。一旦失效型式存在，其可能造成最嚴重的後果，依傷亡程度、財產損失或系統損毀而定其嚴重程度大小。

陳永興(2004) 利用風險管理中失效模式與效應分析(FMEA)，建構出整體物流中心在使用新的監控系統之後會產生之風險，之後進行 RFID 監控物流中心系統的評估，找出風險發生優先順序並提出有效的改善方案，進而降低失效風險的發生率。

蔡維仁(2008)以失效分析方法結合失效模式及效應分析(FMEA)針對醫療院所之中央監控系統加以分析。嚴重度評估準則找出工務系統中的關鍵子系統，並以結合「根本原因分析」及「失效模式及效應分析」所建立之系統化分析方法，進行改善之實際分析，最後再將整個改善過程標準化，降低設施因故障而產生的維修件數及降低於搶修時人力的浪費，進而提昇設備的運轉品質，並可將研究流程與結果納入教育訓練及醫院設施維生系統緊急搶修作業流程中。

楊錦洲(2006) 運用失效模式及效應分析(FMEA)技術於物流作業流程，符合醫藥品的特性、法律觀點及貨櫃溫度管理，發掘其作業流程的失效模式、失效原因，利用模糊德菲法(Fuzzy Delphi Method)凝聚群體決策共識，評估專家問卷的失效模式風險值，並運用灰關聯分析(Grey Relational Analysis)決定失效模式之改善順序，建立醫藥物流作業流程 (Pharmaceutical Logistics Processes)。並於禾碩物流公司進行實例驗證，將醫藥物流作業流程切分成三個系統，分別為訂單系統、倉儲系統、配送系統，而這三個系統之間作業方式互相有所關聯。

作者針對整體物流作業提出前十個應改善的失效模式，其中配送系統裡面有六個，佔五分之三比率，其原因可能為配送過程中所處環境溫度、濕度及光線影響相對較倉儲高，受環境影響程度相對較大，因此於配送系統不穩定性較高。最後作者分別於資訊方面、設備硬體方面、以及人員訓練部分提出一些建議。

曾耀群(2008)發展出以醫療照護失效模式與效應分析作為改善方法，藉由跨部門小組使用流程圖、危害評估矩陣和醫療照護失效模式與效應分析決策樹，以辨識及評估流程中潛在之失效點，並有效地提出適切的改善行動方案。

Antonio et al. (2002)導入 FMEA 手法於食品公司，並整合 HACCP 系統，不僅確保了產品的品質，更增加營運績效與縮短生產週轉率。

Leeuwen et al. (2009)將 FMEA 方法應用於紅外線偵測假藥之情況，並利用致命度概念將失效模式發生之頻率與影響嚴重程度進行分析，利用風險優先指數(Risk Priority Numbers, RPNs) = occurrence (O) × process (D) × severity (S) 來計算出相對風險較高之失效模式並進行糾正，研究發現，FMEA 可以幫我們了解未知的風險。

Zakarian et al. (2006)將 FMEA 方法應用於分析汽車製造流程，作者針對 60 個過去的計劃提出流程中共同可能出現的 80 個問題，並針對這 80 個問題提出 5 個回答指標。接著提出一分析分法利用 FMEA Index 加權計算上述 80 個問題所得出之答案，將計算所得之結果與 Incident Per Thousand Vehicle (IPTV) 作相關性比較，其研究結果顯示 FMEA Index 與 IPTV 值呈現線性負相關。作者表示此分析方法可提供管理者與品管人員用來用預測發展一新製造流程的品質好壞。

小結：陳永興(2004)與蔡維仁(2008)所使用之 FMEA 方法與本研究疫苗配送流程差異甚大，因此不適用。Zakarian et al. (2006)針對汽車製造流程進行 FMEA 方法，雖同樣是對流程進行分析，但由於產業別差異太大，因此不適用於本研究。

楊錦洲(2006)所使用之 FMEA 方法提到醫療物流在資訊、搬運、疊貨及配送等物流作業規範，較於一般物流作業更為嚴格，並運用灰關連分析用於找到失效模式優先處理順序，並針對資訊、設備及人員訓練部分提出幾項建議，期望能幫助新流程建立時提供一些幫助。而本研究乃針對疫苗配送流程進行探討，利用繪製流程圖的方式來釐清疫苗配送流程，與楊錦洲利用可靠性方塊圖不同，且本研究利用 FMEA 所找出之失效模式建立 TO-BE 流程，並開發導入 RFID 資訊系統於 TO-BE 流程以解決現行疫苗配送流程所有缺失，因此本研究著重在於利用 RFID 資訊系統解決所有提出之疫苗配送失效模式，與陳建誠學者仍有所差異。

而曾耀群(2008)則利用流程圖、危害評估矩陣和醫療照護失效模式與效應分析決策樹等方法，以辨識及評估醫療照護流程中潛在之失效點。然而醫療照護作業流程與本研究所討論之疫苗配送流程有所差異，因此本研究需與廠商配合與討論現行配送流程，再導入適用於本疫苗配送流程之 FMEA 方法，而本研究參考小野寺勝重(1998)將失效模式利用致命度概念進行分析，針對風險較高之失效模式提出更適當的處理方式。

2.4 無線射頻識別系統於配送及醫療相關領域之應用：

無線射頻識別系統(Radio Frequency Identification, RFID)是一種利用無線電波來辨識物件的非接觸式自動識別技術。通常是由讀取器 (Reader)、標籤 (Tag)、天線以及資訊系統所組成。其主要原理為讀取器發射無線電波與標籤之間進行非接觸式的資料傳遞與擷取，並與系統整合做出各種應用。隨著 RFID 技術的提升與其系統建構越來越完整，RFID 將會漸漸取代條碼(Barcode)的使用。

關於 RFID 的特性與優點，陳偉民(2009)在「科技研發的實例-以 RFID 無線射頻辨識系統為例」中提到如下所述：

1. 體積小：RFID 的體積比條碼還小，故可貼附於過小的物品上。
2. 無屏障非接觸式讀取：RFID 利用無線電波傳遞訊息，只要在電波可以接受的範圍內，即可傳送訊號，不會有傳輸屏障的問題。
3. 高儲存容量：RFID 最大儲存容量可以達到數個 Megabytes。
4. 重複性使用：RFID 可以重複新增、修改、刪除標籤 (Tag) 內的資料，方便資訊因應不同過程之需求而隨時更新，且標籤使用次數不受限制。
5. 同時快速多方掃瞄：RFID 讀取器本身具有防碰撞的特性，可同時讀取多個標籤(Tag)，辨識速度每秒高達 250 個。
6. 耐久性：RFID 標籤不需要置放於外包紙箱上，可以降低損壞率。
7. 安全性：RFID 具有密碼保護功能：使得標籤內容具高度安全性，不易偽造或變更。且可內嵌隱藏於物品內。

RFID 所應用的領域相當的廣泛，在研究文獻中，Hallwirth and Kogelnig(2004)認為 RFID 是具有管理供應鏈最佳的潛力系統之一，因此 RFID 應用與供應鏈之間在未來是息息相關的。

Kambil et al. (2002)更以供應鏈活動為出發點，利用製造商、物流業者以及零售商等三個層面在整個供應鏈的運作進行 RFID 的應用與效益的探討，對未來有意將 RFID 運用在供應鏈上的廠商，該文具有相當大的貢獻。

蘇育生(2007)在「RFID 技術導入國軍地區後勤支援管理之關鍵成功因素研究」中提到透過 RFID 中追蹤成品在倉儲中的位置，同時間存取大量的貨品資訊，突破以往作業限制，不但減低人力成本與錯誤，更能有效達成庫存管理自動化。

何俊達(2007)在「導入 RFID 及 SENSORS 於醫療資訊系統之研究」中，提到 RFID 具有快速辨識之能力應用在醫院內，並將 RFID 的電子標籤和智慧型感測器整合在一起，利用智慧型感測器的元件偵測人體的生理數據，將其數據回傳至醫療資訊系統的資料庫以供醫護人員記錄及監測，改善護理人員手寫記錄的錯誤率以及能在最短時間內處理生理數據異常之病人，此外針對 RFID 具有能夠追蹤移動物品的能力，定位其病人及重要醫療物資所處地點以期可以提昇醫院的效率和病人的安全。

李岳縉(2005)在「應用 RFID 於醫療院所之分析與系統規劃」中，提到利用具有感溫功能的標籤(Tag)，RFID 能有效監控運輸過程中的溫度變化，達到有效控管並降低冷藏藥品與疫苗的損壞率，讓超過三千萬五歲以下的第三世界孩童可以得到新鮮的補給食物與醫療救援，並有效降低美國醫療體系中 CDC(Center for Disease Control) Atlanta 20% 的管理與損失費用。

Alp & Mehmet(2009)將 RFID 技術應用至供應鏈中，並運用模擬模型來計算導入 RFID 系統可能產生之效益。研究結果顯示，RFID 系統可以提高供應鏈之作業效率、準確性、可見性以及安全存貨水平。

小結：目前 RFID 的應用，如：Kambil et al. (2002)及蘇育生(2007)，大多在供應鏈的上下流的運作，以及倉儲的運用，透過 RFID 追蹤成品在倉儲中的位置，同時存取大量的貨品資訊，不但減低人力成本與錯誤，更能有效達成庫存管理自動化。另外目前也有將 RFID 運用於醫療體系，如：何俊達(2007)利用 RFID 技術偵測人體的生理數據，可以隨時掌握病人即重要醫療物資所在之處，但這些研究皆不適用於本研究所注重之疫苗配送溫度監控。而李岳縉(2005)在「應用 RFID 於醫療院所之分析與系統規劃」中，提到具有感溫功能的標籤(Tag)能夠有效監控運輸中之溫度。具感測溫濕度功能的 Tag 乃本研

究採用之重點，而於此篇文章中雖然提到具感溫濕度的 Tag 能偵測溫度變化，卻未說明要如何運用與管控，與本研究所欲探討之利用 RFID 資訊系統即時監控疫苗配送流程，及建構一套標準作業流程(SOP)仍有明顯差異。於本研究中將導入 RFID 技術協助開發一套即時監控資訊系統，來即時監控疫苗溫濕度變化，並於異常狀況時可警告使用者。

2.5 結論

根據企業流程再造(BPR)文獻探討可清楚得知，BPR 不論在配送產業或醫療相關產業皆擁有顯著的改善效益；在 Khan(1998)的認知中，BPR 更為近來最強而有效的協助企業改善的方法；Zhou & Chen(2007)更在 Chinese Business Review 雜誌中提及如何運用 BPR 使中國傳統的物流業者，搖身一變成為現代化的企業。種種跡象顯示出 BPR 具有強而有力的改善手法，而本研究亦希望利用 BPR 的方式改善疫苗配送之舊有流程，讓疫苗配送途中產生失誤的情況降低，進而降低因為發生失誤情況所造成的成本損失。

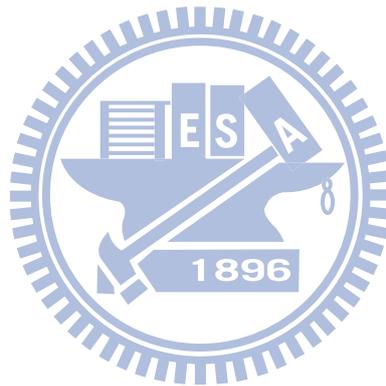
從失效模式與效應分析(FMEA)文獻探討得知，FMEA 已廣泛被使用於醫療體系，並有顯著的效益降低失效的風險、損失的發生率；但上述 FMEA 運用之對象仍與本研究疫苗配送流程有所差異，因此本研究希望透過與配合廠商探討出適用於本研究之 FMEA 方法，以檢討疫苗配送之流程中可能出現的各種失誤情況，進而檢討並改善可能造成重大損失之流程或活動。

由無線射頻辨識系統(RFID)的文獻得知，RFID 的應用具有許多的優點，包括：無屏障非接觸式讀取、重複性使用、同時快速多方掃瞄，並可以即時的回傳溫度資料。而即時的回傳溫度資料這點也是本研究不使用條碼(Barcode)的原因。目前 RFID 技術大量運用在供應鏈管理與倉儲管理部分；在醫療物流的使用亦非常普遍。然而目前仍無研究針對疫苗這種對時間及溫度敏感的高單價產品進行 RFID 的應用，故本研究將 RFID 技術導入於疫苗配送的流程中，並結合資訊系統做即時的監測與回報，透過緊急機制的建立，當疫苗有發生失效之風險發生時，即可進行處理。讓疫苗失效的機率大為縮減，進而避免因為疫苗失效所造成的成本損失。

綜合上述，目前仍未有一套完整的標準模式或者系統化處理方式應用於疫苗配送流程，經濟部生技中心疫苗白皮書(2006)更指出疫苗市場自 2005 年起每年即以二位數快速成長，因此可見建立一標準化疫苗配送流程實乃迫切所需，且在疫苗欠缺的情況下，有效即時監控疫苗溫濕度乃屬重要，由此可知本研究更具有其重要性。

本研究將透過 BPR 進行流程的改善，並搭配 FMEA 降低所有失誤發生的機率，接著導入 RFID 監控溫度及降低疫苗損壞率，減少疫苗配送流程中可能出現失誤情況；若疫苗於配送的途中發生異常狀況(溫度有升高或降低之趨勢)，本研究所開發之即時監控資訊系統也可即時的回傳溫度資料至系統，而做出緊急的應變處理，進而避免疫苗失效之情況發生。若疫苗不幸發生失效情況，我們也因有 RFID 的導入讓疫苗配送之流程完全通透，進而可以釐清責任的歸屬。

後續於第三章節介紹本研究所使用的各項方法。3.1 小節針對現行疫苗配送流程部分，於 3.1-1 小節介紹 BPR 文件化，3.1-2 小節介紹如何運用 FMEA 方法找出流程之缺失；3.2 小節則介紹與開發 RFID 資訊系統；3.3 小節介紹如何將 RFID 資訊系統實際於疫苗配送流程中應用。第四章節則介紹現行疫苗配送流程，繪製流程圖與撰寫情境說明，利用 FMEA 找出失效模式。第五章將 RFID 技術導入疫苗配送流程，並提出導入 RFID 資訊系統後可減少哪些失效情況。第六章則介紹實際測試結果與成本效益分析。第七章撰寫結論與建議。



第三章 研究方法

本章節針對疫苗配送流程中使用的方法進行相關的介紹與說明。欲了解現行疫苗配送流程之缺失，我們利用企業流程再造(BPR)方式將現行流程文件化，並訪談個案配合廠商詢問所繪出之流程圖是否可符合真實情況，接續利用失效模式與效應分析方法(FMEA)找出現行疫苗配送流程之缺失，並建立一合理化推估之疫苗配送流程。

於合理化推估之疫苗流程導入 RFID 資訊系統，經測試完成後，將此 RFID 資訊系統於實際配送過程中應用，最後對 RFID 資訊系統導入前與導入後之效益進行評估。

3.1 現行疫苗配送流程(AS-IS)分析方法

本小節透過企業流程再造(BPR)的文件化方式，將現行疫苗配送流程利用流程圖的方式呈現，並利用情境說明來幫助我們了解流程圖所表達的意涵。流程圖的繪製方式乃透過實際訪談個案配合廠商主管、司機，以及現場工作的相關人員，經由他們口述以及實際觀察現場作業情況繪製出。而繪製出之流程圖會再與物流廠商的相關人員商討是否符合現實情況，若不符合則持續修改，直至符合現實作業情況。所繪製出的流程圖將於第四章呈現。

針對繪製出的流程圖與情境說明，利用失效模式與效應分析(FMEA)方法找到疫苗配送流程中可能導致流程失效原因，針對這些可能導致流程失效原因進行致命度計算，並由致命度高排序到致命度低，優先處理致命度高之失效原因。

3.1-1 現行疫苗配送流程文件化

本研究根據企業流程再造系統架構的文件化方式，來執行疫苗配送流程的相關研究。為了了解疫苗配送過程中可能出現的失誤，首先須了解現行疫苗配送的流程。而與本研究配合之物流廠商 A 之前未訂定標準作業文件，因此本研究的重點之一，即為了解該物流廠商 A 目前配送疫苗時的作業流程，透過繪製流程圖的方式，以方便我們了解疫苗配送現行流程，方可作進一步的研究。

繪製流程圖步驟約略如下：

1. 與物流廠商主管、倉管以及司機各別進行訪談。
2. 收集疫苗配送流程之相關資料與表單。

3. 進入作業現場觀察並與現場作業人員進行訪談。
4. 繪製流程圖及撰寫情境說明。
5. 與配合之物流廠商人員討論後修正流程圖及情境說明，讓流程能夠真實性的反映目前的配送情況。
6. 重複步驟 3 至步驟 5 直至流程圖及情境說明完整無誤。

利用所繪製出的流程圖，搭配情境說明以幫助我們了解疫苗配送的實際運作情況。後續第四章節將現行疫苗配送流程切分成數個流程情境，針對這些流程情境進行 FMEA 方法找尋可能失效之原因，而第五章節則針對這些失效情況提出流程改善方法。

3.1-2 將失效模式與效應分析(FMEA)應用於疫苗配送流程

FMEA 是一種指出系統或裝置等故障要因之手法。當構成系統之機器或零件發生故障時，此手法可用來解析該故障對系統造成何種影響，並指出導致系統故障之零件或者機器，是一種探討系統最下層失效會對整體系統產生何種影響的手法。而於本研究中將此種精神轉換成面對疫苗配送流程，經由將疫苗配送流程切分為不同流程情境進行分析，而切分流程情境之方法乃是利用地點、職務別以及階段性工作項目進行區分。接著判斷情境中的失效模式會對疫苗配送整體系統產生怎樣的風險與影響。透過訪談物流廠商人員以及實際參與疫苗配送，我們運用 FMEA 表單列舉流程情境中可能產生的失效模式，如表 3.1 所示。表 3.1 共由 6 個欄位所組成，一開始應註明是流程中哪一個情境，接著寫出該情境產生之失效模式，該失效模式可能對整體流程產生之影響，以及經濟性、風險性、致命度等。上述所提到之經濟性意指當失效模式發生後，此失效模式可能導致之成本損失稱為經濟性；而風險性意指當失效模式發生後，疫苗可能因此產生損壞機率之高低。致命度計算方式乃根據小野寺勝重(1998)所提出：

$$[\text{致命度}] = [\text{失效模式之發生頻率}] * [\text{影響度}] = [\text{失效模式之發生頻率}] * [(\text{整體流程之影響}) + (\text{風險性}) + (\text{經濟性})] \quad (3.1)$$

進行致命度之計算乃為求出優先處理之順位，致命度越高之失效模式其對於疫苗配送整體流程影響越大，本研究根據所計算出致命度值進行分數高低比較，對致命度高之失效模式應更考慮如何減少其致命度值。進行致命度計算時，失效模式發生之頻率，失效模式對流程產生之影響、風險性、經濟性，因發生頻率及實際數據難以蒐集，且訪談所回答相對模糊，無法實際蒐集到實際的數據。因此透過表 3.2 與表 3.3 方式將發生頻

率以及對流程產生之影響度、經濟度、風險性運用相對指標來進行處理，將上式(3.1)整理成(3.2)式。

$$[\text{致命度}] = [\text{失效模式之相對發生頻率}] * [\text{相對影響度}] = [\text{失效模式之相對發生頻率}] * [(\text{相對整體流程之影響}) + (\text{相對風險性}) + (\text{相對經濟性})] \quad (3.2)$$

經由(3.2)式致命度之計算方式計算後，可將計算出來的值去比較優先處理順位。但於本研究中，乃透過 RFID 資訊系統之建立，以克服所有提出之失效模式，因此優先順序之排名於本研究中不予討論。須注意的是，致命度所計算出來的值為相對指標，所以不具有倍數關係，也就是說，若流程情境 1a 發生失效時，其計算得出之致命度值若為流程情境 1b 失效時所計算之致命度值 2 倍時，並不代表流程情境 1a 比流程情境 1b 重要 2 倍。

如表 3.1 所示，流程圖 4.1 情境 1a，其失效模式 a 發生的頻率為很少發生，因此我們利用指標 4 來表示；而當失效模式 a 發生後，會對整體流程產生延滯之影響，我們利用指標 4 表示；而產生之經濟性與風險性皆極小，我們利用指標 2 來表示。接著利用致命度計算得出其致命度為 32。流程圖 4.1 情境 1e，其失效模式 b 發生的頻率為偶爾發生，因此我們利用指標 6 來表示；而當失效模式 b 發生後，會對整體流程產生輕微延遲之影響，我們利用指標 2 表示；而產生之經濟性為輕微毀損，我們利用指標 4 來表示，風險性發生之機率為極小，利用指標 2 表示，計算所得之致命度為 48。其他流程情境之失效模式亦利用此方式計算得出。針對上述例子去進行致命度比較，流程圖 4.1 情境 1e 之失效模式 b 所計算之致命度為 48，比流程圖 4.1 情境 1a 之失效模式 a 所計算之致命度 32 高，因此優先處理流程圖 4.1 情境 1e 的失效模式 b。

表 3.1 FMEA 表單形式

流程情境	失效模式	對整體流程之影響	經濟性	風險性	致命度
流程圖 4.1 情境 1a	失效模式 a (4)	流程延遲(6)	極小(2)	極小(2)	$4*[6+2+2]=40$
流程圖 4.1 情境 1e	失效模式 b (6)	流程輕微延遲(4)	輕微毀損(4)	極小(2)	$6*[4+4+2]=60$

資料來源：本研究整理

表 3.2 失效模式發生頻率評分表

等級	評估基準
10	發生頻率非常高
8	發生頻率高
6	偶爾發生
4	很少發生
2	幾乎不發生

資料來源：本研究整理

表 3.3 影響度評估表

等級	評估基準
10	流程中斷、完全毀損、極高
8	流程嚴重延遲、重大毀損、中高
6	流程延遲、中等毀損、中等
4	流程輕微延遲、輕微毀損、輕微
2	不影響流程、極小、可忽略

資料來源：本研究整理

3.2 合理化推估之疫苗配送流程

經上述 BPR 文件化方式與導入 FMEA 方法於現行疫苗配送流程，我們發現現行疫苗配送流程缺乏即時反應溫濕度之能力，且配送流程之溫濕度資訊缺乏通透度，疫苗品質與安全性亦因此受到折扣。若不幸發生疫苗失溫情況，也因為現行疫苗配送流程缺乏通透度，疫苗於配送的哪一時段發生失溫情況我們無法得知，於責任歸屬之判斷無可靠依據，會造成互相推卸責任之情形。

針對現行疫苗配送流程之缺點，本研究開發一套 RFID 資訊系統，透過具感測溫濕度之主動式 UHF 433MHz 電子標籤(Tag)，來幫助我們即時偵測濕濕度之資訊。且 RFID 資訊系統的建立，不僅可提供即時之溫濕度資訊，更建立資料庫查詢系統，可供查詢任何時段之溫濕度資訊。另外 RFID 資訊系統具有迴歸預警功能，當電子標籤偵測到溫濕度呈現異常情況，亦或者疫苗溫度呈現上升或下降趨勢，可即時提出警報於使用者，以幫助使用者可以做出緊急的處理，進而避免疫苗發生失溫之情況。

3.2-1 迴歸預警機制分析

迴歸預警機制分析乃利用簡單迴歸分析(Simple linear regression)預測溫度的變化，透過主動式 UHF 433MHz 電子標籤所偵測到的溫度資料來做為預測未來溫度變化之依據。

簡單迴歸分析之統計模式(Statistical model)如式(3.3)所示。

統計模式(Statistical model)

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon_i, \quad i=1, \dots, n \quad (3.3)$$

Y_i ：依變數之觀測值

X_i ：自變數之觀測值

β_0 ：常數項(constant)，又稱為截距(intercept)。

β_1 ：為迴歸的加權係數，又稱為斜率(slope)。

ε_0 ：誤差項， $\varepsilon_0 \sim N(0, \sigma^2)$

$Y_i \sim N(\beta_0 + \beta_1 x_i, \sigma^2)$ ，其中 $E(Y_i) = E(\beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon_i) = \beta_0 + \beta_1 x_i$ ，

$V(Y_i) = V(\beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon_i) = \sigma^2$

參數估計(parameter estimate)

1. 點估計(β_0, β_1)

尋找 β_0, β_1 之優良點估計量 → 利用最小平方法(least square method)

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon_i \rightarrow \varepsilon_i = Y_i - \beta_0 - \beta_1 x_i$$

$$\text{令 } q(\beta_0, \beta_1) = \sum_{i=1}^n \varepsilon^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \beta_0 - \beta_1 x_i)^2$$

對 q 函數進行一階導與二階導

$$\frac{\partial q(\beta_0, \beta_1)}{\partial \beta_0} = 2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \beta_0 - \beta_1 x_i)^2 (-1) = 0 \quad (3.4)$$

$$\frac{\partial q(\beta_0, \beta_1)}{\partial \beta_1} = 2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \beta_0 - \beta_1 x_i)^2 (-x_i) = 0 \quad (3.5)$$

式(3.4), (3.5)整理出正規方程式(3.6), (3.7)式

$$n\beta_0 + (\sum x_i)\beta_1 = \sum y_i \quad (3.6)$$

$$(\sum x_i)\beta_0 + (\sum x_i^2)\beta_1 = \sum x_i \sum y_i \quad (3.7)$$

$$\hat{\beta}_1 = \frac{\begin{vmatrix} n & \sum y_i \\ \sum x_i & \sum x_i \sum y_i \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} n & \sum x_i \\ \sum x_i & \sum x_i^2 \end{vmatrix}} = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} = \frac{\sum x_i y_i - \frac{\sum x_i \sum y_i}{n}}{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}} = \frac{SS_{xy}}{SS_x} \quad (3.8)$$

$$\text{又由(3.6)式知 } \hat{\beta}_0 = \frac{\sum y_i - (\sum x_i)\hat{\beta}_1}{n} = \bar{y} - \hat{\beta}_1 \bar{x} \quad (3.9)$$

由(3.8)、(3.9)式即可求得 β_0, β_1 的優良點估計量 $\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1$

2. t-test 檢定

Step1: 建立虛無與對立假設

$$\begin{cases} H_0 : \beta_1 = 0 \\ H_1 : \beta_1 \neq 0 \end{cases}$$

Step2: 決定檢定統計量

$$t_{(n-2)} = \frac{\hat{\beta}_1 - \beta_1}{\frac{MSE}{SS_x}} \sim t_{n-2, 1-\alpha/2}, \hat{\beta}_1 \sim N\left(\beta_1, \frac{\sigma^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2}\right)$$

Step3: 決定拒絕域 C

$$C : \{|t| > t_{\alpha/2}(n-2)\}$$

Step4: 計算檢定統計量, 看是否落於拒絕域外, 若落於拒絕域外則拒絕 H_0 。

3.模式的解釋能力(power)→判定係數(Coefficient of Determination)

性質：(1) R^2 表依變數之總變異(變動之原因)中可由自變數來解釋的比例

(2) R^2 越大→預測能力越大→迴歸代表性越強

(3) $0 \leq R^2 \leq 1$

$$R^2 = \frac{\text{迴歸平方和}}{\text{總平方和}} = \frac{SSR}{SST} = 1 - \frac{SSE/df_e}{SST/df_t} = 1 - \frac{SSE/(n-p-1)}{SST/(n-1)}$$

$$R^2 = \frac{SS_{xy}^2}{SS_x SS_y} = \frac{SS_{xy}}{SS_x} \cdot \frac{SS_{xy}}{SS_y} = \frac{\hat{\beta}_1 SS_{xy}}{SS_y} = \frac{SSR}{SST}$$

$$SS_x = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})x_i ; SS_{xy} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})y_i = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})x_i ; SS_y = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})y_i$$

依上述介紹公式，計算 R^2 即可得到該模式的解釋能力。

利用上述之統計迴歸原理與計算概念，本研究整理此迴歸預警機制實施步驟，如圖 3.1 所示：

Step1：RFID 資訊系統收取疫苗即時溫濕度並記錄於資料庫系統。

Step2：當收集的歷史溫度資料達到五分鐘(假設 30 秒一筆)，則攫取出每一個主動式 UHF 433 MHz 電子標籤此五分鐘之歷史溫度資料(10 筆資料)。第一次攫取 0-5 分鐘之溫度資料，第二次攫取後 5-10 分鐘溫度資料，第三次攫取後 10-15 分鐘溫度資料，以此類推，如圖 3.2 所示。

Step3：針對每一個電子標籤 i ，五分鐘所記錄之溫度資料進行點估計之計算，利用最小平方法找出 β_0^i, β_1^i 。

Step4：針對所找出來的 β_1^i 進行 t-test 檢定，信心水準設定為 0.95。

$$\begin{cases} H_0^i : \beta_1^i = 0 \\ H_1^i : \beta_1^i \neq 0 \end{cases}$$

Step5：判定 t-test 檢定結果是否拒絕 H_0^i

Step6-1：若拒絕 H_0^i ，利用所建立之迴歸式判斷多久會產生溫度異常情況(高或低於設定

溫度)並計算 R_i^2 值，接著於資訊平台顯示多久後可能產生疫苗溫度異常情況，並顯示 R_i^2 值。

Step6-2：不拒絕 H_0^i ，則不須計算多久會產生溫度異常情況。

Step7：回 Step 2。

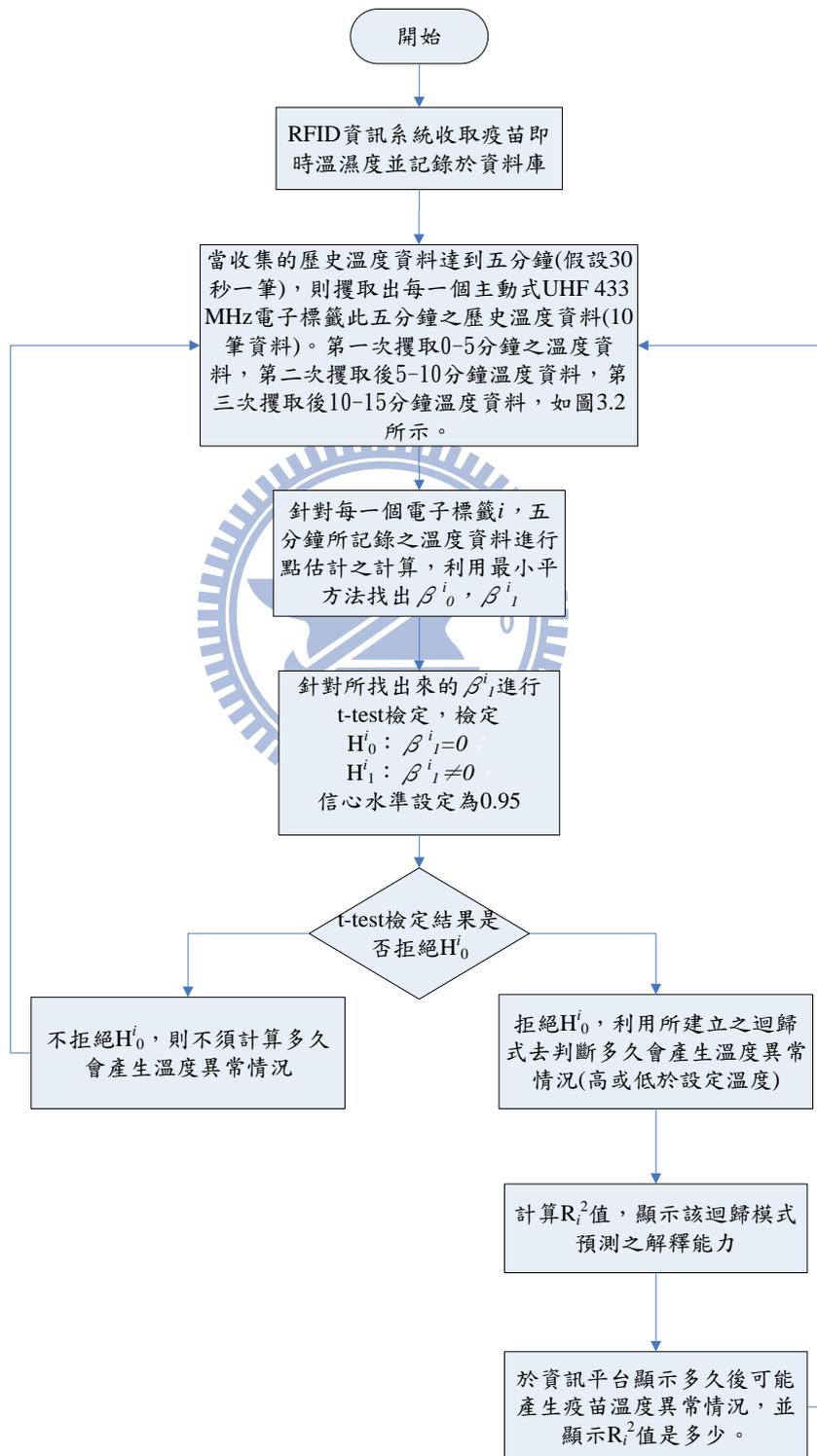


圖 3.1 迴歸模式判定實施步驟

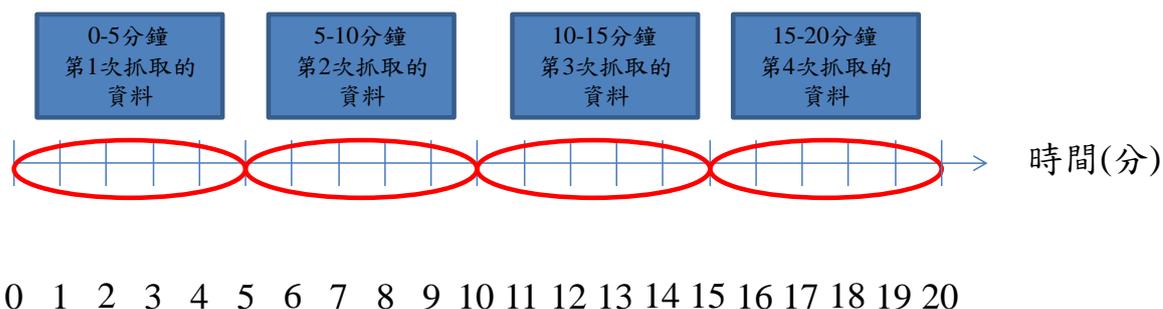


圖 3.2 迴歸判斷選取資料方式

3.3 導入 RFID 前後之成本效益計算

本研究導入 RFID 資訊系統於疫苗配送流程，導入之軟硬體設施成本如表 3.4 所整理。表 3.4 所整理之金額乃根據本研究所合作之科技公司依據日後量產所訂出之定價。其中 HF13.56MHz 電子標籤一個定價為 30 - 40 元(本研究以 40 元計)，智慧型冰桶(內含主動式 UHF 433MHz 電子標籤與主動式 UHF 433MHz 讀取器)一個定價 8000 元，假設智慧型冰桶之容量與保溫箱同。

經計算出來之 RFID 導入成本利用直線法攤銷。因直線法折舊假設資產提供企業的經濟效益在使用年限都維持相同水準，故其成本轉列各期的費用都需相同。對於能夠提供各期間穩定服務數量的資產時，採用直線折舊法是恰當的。計算公式如下：

$$\text{各期折舊} = \frac{\text{資產成本}-\text{估計殘值}}{\text{估計設備所能使用年限}} \quad (3.10)$$

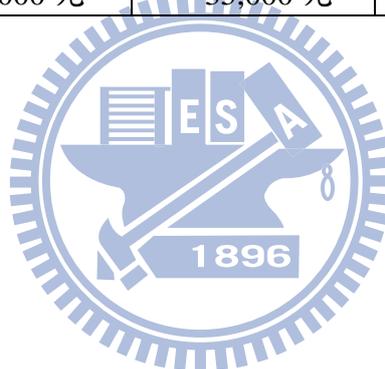
經訪談個案配合廠商，目前一輛冷藏車最多可裝載 20 個保溫箱，每個保溫箱可裝載 52 個疫苗盒。於實務上一天約有一輛冷藏車進行配送疫苗動作，因此本研究以 20 個冰桶成本，1040 張 HF13.56MHz 電子標籤計。

根據個案配合廠商提供，平均每年的配送疫苗價值約為 2 億元。配送過程中發生意外事故之機率約為千分之一到千分之五。因此我們可以得知每年的賠償金額可能為 20 萬~100 萬之間。得知每年賠償金額後，本研究將 RFID 資訊系統的導入成本利用每年折舊的方式表示，與每年的賠償金額乘以因導入 RFID 資訊系統而預防疫苗發生失誤機率所得之值進行比較(以下以因導入 RFID 資訊系統節省之成本稱之)。其中因導入 RFID 資訊系統預防疫苗發生失誤機率，意指當意外狀況發生時，RFID 資訊系統予以警報，經司機進行緊急處理後可救回疫苗之機率，有機會司機無法進行緊急處置(塞車、意外事故)。經比較後，若 RFID 資訊系統折舊金額小於因導入 RFID 資訊系統所節省之成本，則可見導入 RFID 資訊系統之效益。

表 3.4 軟硬體成本

所在端點	疫苗廠商端	車機端	物流廠商端	客戶端
所需硬體	<ul style="list-style-type: none"> ● 主機 35,000 元 ● HF13.56MHz 電子標籤 30~40 元 ● 溫濕度發射 接收器 6,000 元 ● AMP 600 讀 取器 15,000 元 	<ul style="list-style-type: none"> ● 車機 35,000 元 ● 智慧型冰 桶 8,000 元 ● 溫濕度發 射接收器 6,000 元 	<ul style="list-style-type: none"> ● 子電腦 25,000 元 	<ul style="list-style-type: none"> ● 子電腦 25,000 元 ● 溫濕度發 射接收器 6,000 元 ● AMP 600 讀取器 15,000 元
軟體介面成本	100,000 元	35,000 元	35,000 元	35,000 元

資料來源：本研究整理



第四章 現行疫苗配送流程(AS-IS)

4.1 現行疫苗配送流程文件化

4.1-1 現行疫苗配送流程圖

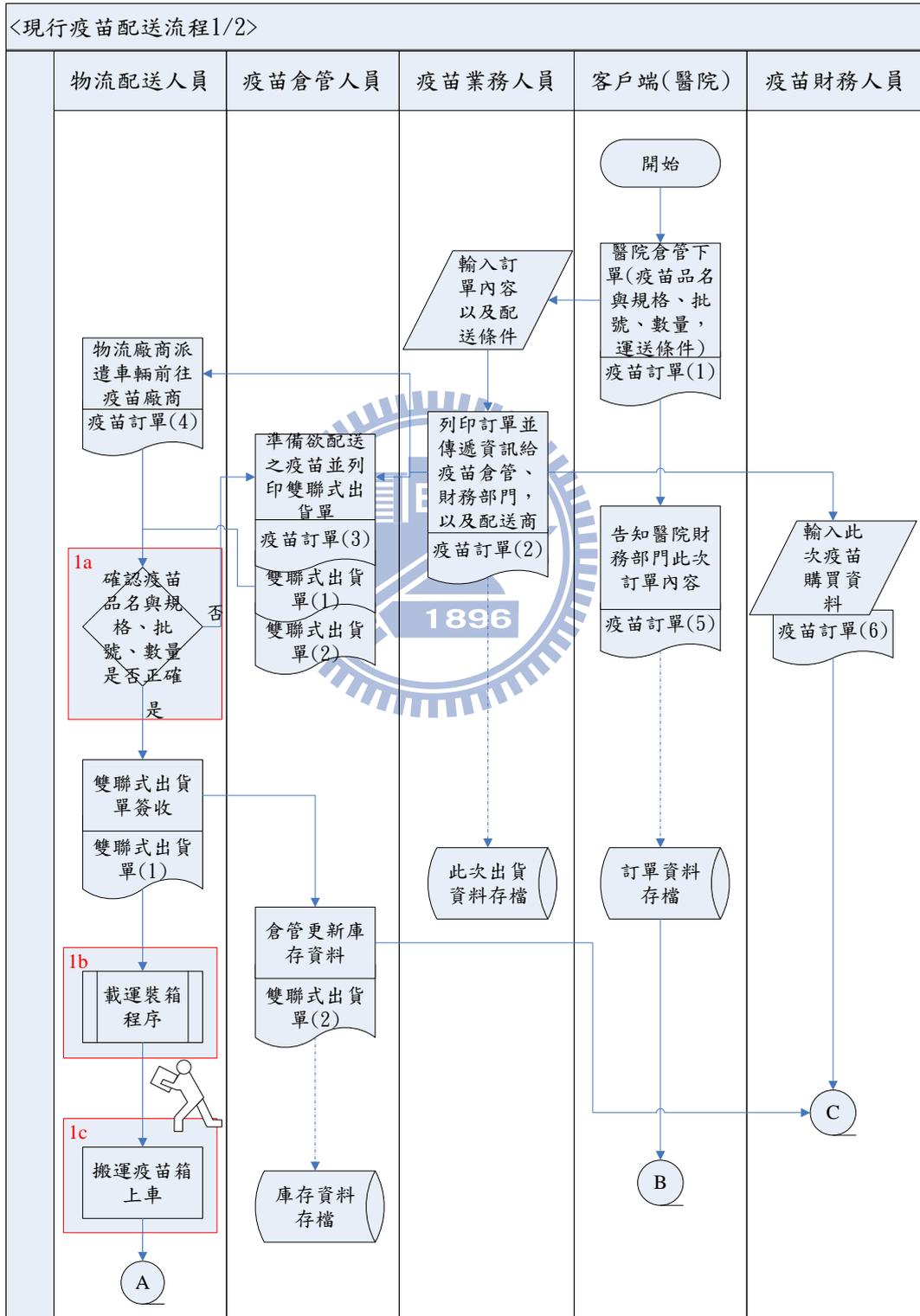


圖 4.1 現行疫苗配送流程圖

<現行疫苗配送流程2/2>

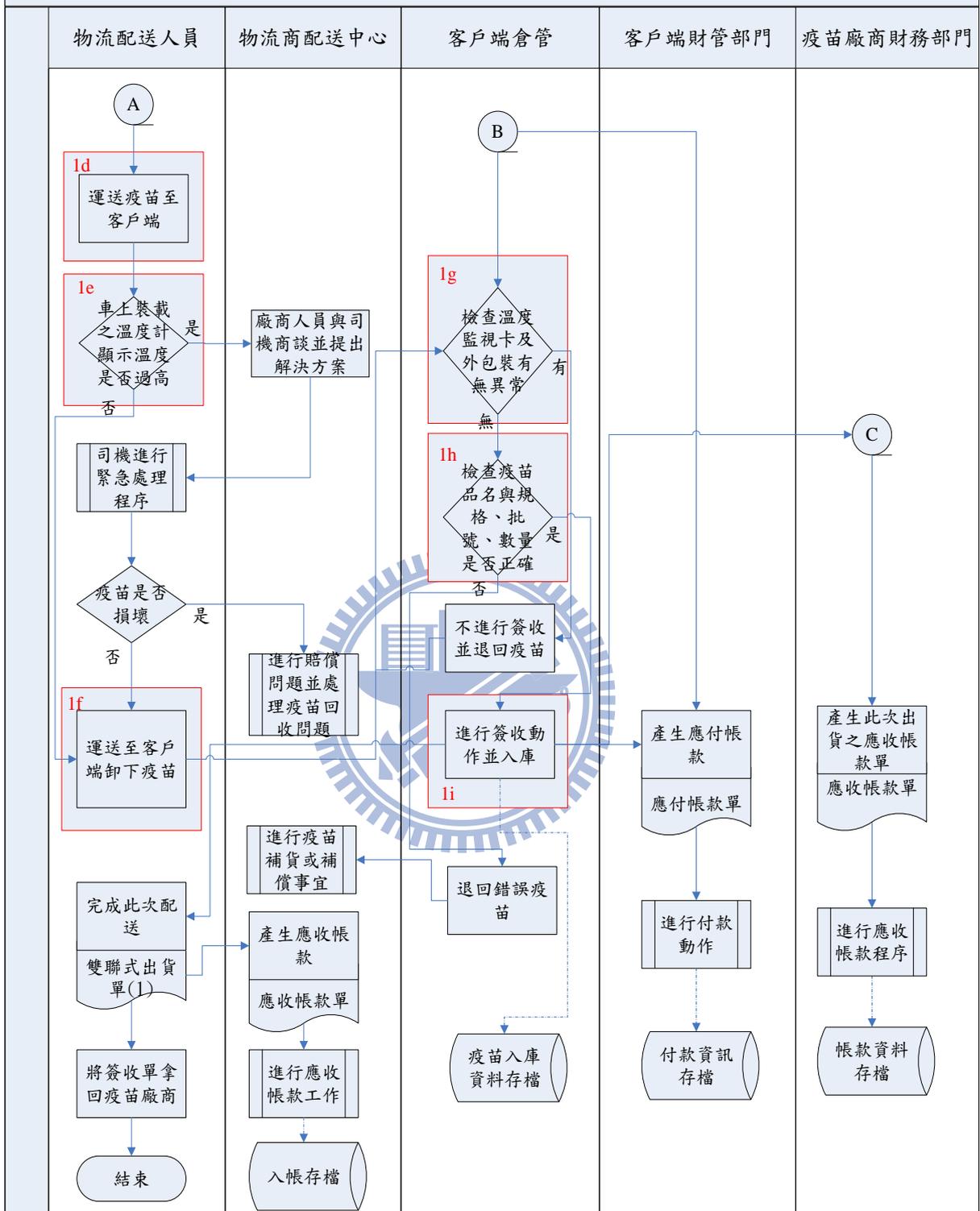


圖 4.1 現行疫苗配送流程圖(續)

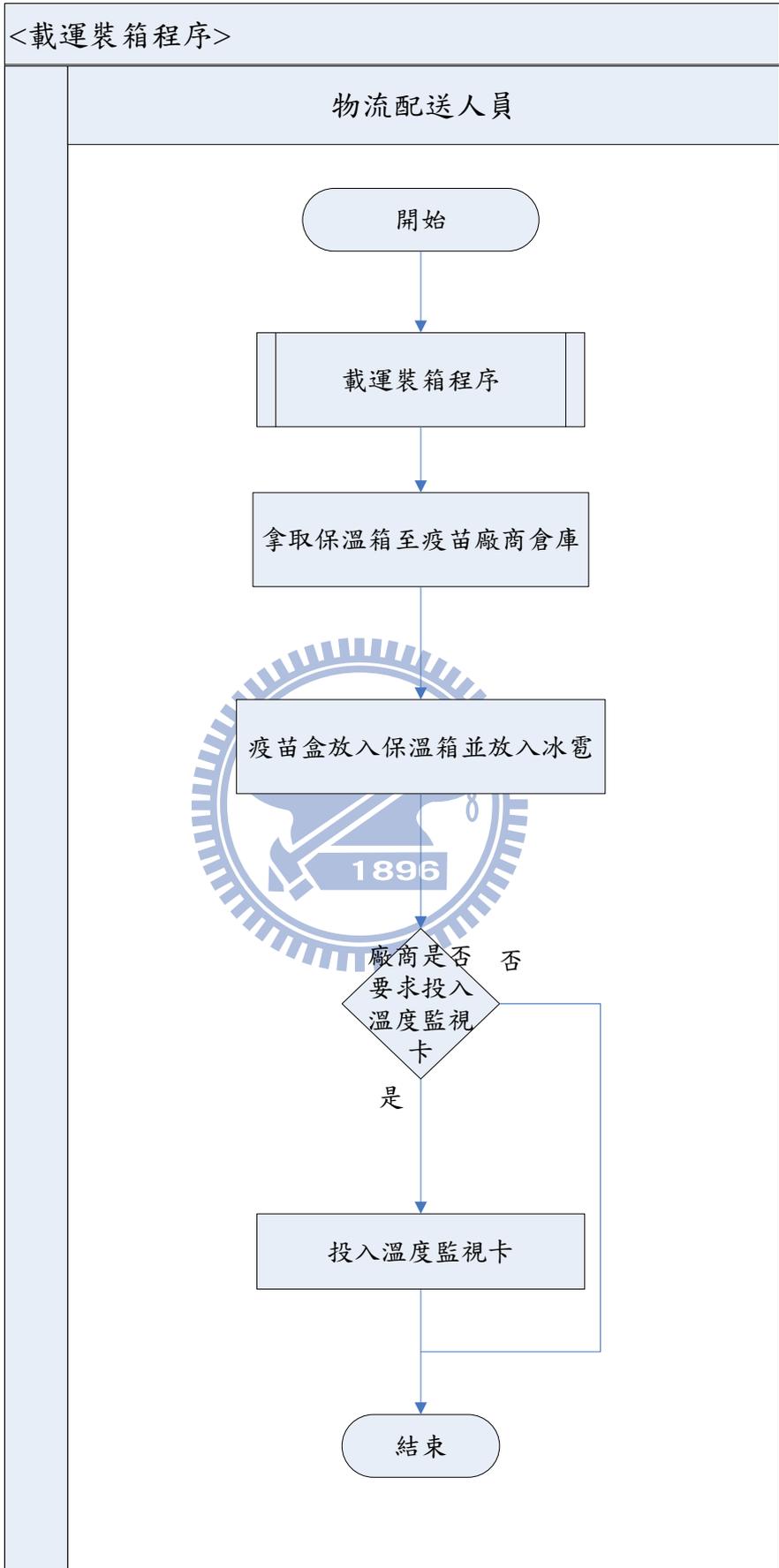


圖 4.1 現行疫苗配送流程圖-載運裝箱程序

4.1-2 運用文件化彙整之現行疫苗配送(AS-IS)模式

透過訪談物流廠商 X 的主管，得知目前疫苗廠商分為兩種方式配送：一者是如 A 疫苗廠商代理進口國外疫苗。A 疫苗廠商運用自行研發出的特殊包材技術，可在包裝完成後的 24 小時內在室溫下保持疫苗溫度介於 2~8°C，然而這項包裝技術具有企業專業機密及智慧財產權，廠商不便告知。另外 A 疫苗廠商擁有自己的配送車隊，大部分由公司的車隊自行配送，少部分偏遠地區則會採用委外的物流公司進行配送。委外的配送模式為物流配送人員(以下簡稱為司機)至 A 疫苗廠商拿取經特殊包材後的保溫箱(保溫箱內裝有電子溫度計，可以設定記錄每單位時間的溫度值，例如每一分鐘紀錄一筆溫度值，於配送完成後可利用電腦讀取電子溫度計索取紀錄之溫度。)並同時進行簽收動作(簽收之後責任歸屬由疫苗廠商倉管轉移至司機)，接著僅須將溫度保持在常溫下並在限定的時間(從疫苗包材好後的 24 小時)內送至客戶端，經由客戶端的倉管核定疫苗的品名與規格、批號、數量及電子溫度計的溫度與觀測保溫箱之包裝是否有受潮(保溫箱裡面會有一層紙箱，若此層紙箱變的皺軟，則表示保溫箱內溫度曾經升高，使得紙箱外層水蒸氣凝結於紙箱表層，導致受潮情況發生)，若上述情況皆無異常，客戶端倉管簽名完成核對動作(此時責任歸屬由司機轉移至客戶端倉管)，則完成配送過程。在此段限定的時間內，A 疫苗廠商會隨時關心並掌握疫苗的動向，以確保配送過程正常無誤。

另一種配送過程如 B 疫苗廠商，也是本研究所探討之對象，其流程步驟參考圖 4.1，配送方式大部分皆委外由物流公司來進行配送，其配送流程如下所述。客戶端下達訂單後，會告知疫苗廠商所要購買疫苗之品名與規格、批號、數量以及運送條件，疫苗廠商會依照客戶所要求之地點、時間選擇合適的物流廠商。被選擇之物流廠商派遣物流配送人員(以下以司機簡稱)至疫苗廠商倉庫領取要出貨之疫苗，並依據訂單內容檢查疫苗之品名與規格、批號、數量是否正確，於流程圖 4.1 中，雖將三者一同討論，然而於實際情況中，可能出現疫苗品名與規格正確，批號及數量不正確或名稱與規格、批號正確，但數量不正確之情況等諸多情況。若出現疫苗品名與規格、批號其中一個不正確之情況，則整批疫苗必須重新更換；出現疫苗品名與規格、批號皆正確，數量不正確之情況下，採用多退少補制度，至於疫苗缺少賠償問題則依廠商與客戶所談之條件為主。

疫苗之品名與規格、批號、數量經確認正確後，司機進行簽收動作，接著將保溫箱拿至疫苗廠商之冷藏倉儲，將疫苗裝進保溫箱並放入冰電，接著視客戶之運送條件是否要投入溫度監視卡，若有註明則投入，否則不投入。溫度監視卡如圖 4.2 所示。溫度監視卡主要由兩主要功能所構成，一者為判斷溫度是否過高情況，觀察 ABCD 格子是否有變色來判斷溫度上升情況，如圖 4.2 所示：口服小兒麻痺疫苗如果 A 格變藍則三個月內

可使用；麻疹、德國麻疹等疫苗若 A、B 格變藍則於三個月內仍可使用；白喉、百日咳等疫苗若 A、B、C 格皆變藍則於三個月內可使用；破傷風等疫苗則耐熱程度最佳。另一判斷準則則為觀察液態球體是否破裂，若液態球體破裂則表示溫度曾經低於 0°C，溫度低於 0°C 則疫苗亦無法使用。台灣地區地處亞熱帶，僅有部分山區可能出現低於 0°C 情況，另一情況可能為冷藏車壓縮機出現異常，才可能發生上述情況。若為一般疫苗，如流感疫苗，其溫度應控制於 2°C~8°C 之間，A、B、C、D 格子是不允許變藍情況發生。

完成上述動作後，應迅速將冰桶搬運至冷藏車上，開車前往客戶端，於配送途中，應將溫度控制於 2~8°C。司機於開往客戶端途中應注意車上裝載之溫度計溫度來判斷疫苗目前溫度，若溫度過高，應緊急進行處理，如：至最近的便利商店購買冰塊加入冰桶中，尋找離此最近之空調修理站或緊急找尋離此地最近的物流中心卸下疫苗至安全地方。若不幸疫苗損壞，物流廠商應負責賠償責任，並負責回收疫苗工作；若疫苗未損壞則運送至客戶手中，由客戶端倉管確認溫度監視卡是否有溫度異常情況發生以及是否有受潮情況，若皆無異常，則進行確認疫苗品名與規格、批號、數量是否皆正確，其檢測方式與上述方式相同。若皆無異常情況發生，則醫院端倉管進行簽收，並將保溫箱搬至倉庫，進行入庫動作，完成此次配送動作。





圖 4.2 溫度監視卡正面

溫度監視卡填寫及使用說明

· 將溫度監視卡與疫苗放在一起

▲當 **收到疫苗**，請在卡片上填寫：

1. 入庫日期

2. 溫度指數 (一, A, B, C, D)

① 所有格子仍維持不變色 (白色)，溫度指數請填 "一"

② A 格變藍色，其餘格不變色，溫度指數請填 "A"

③ A、B 格變藍色，其餘格不變色，溫度指數請填 "B"

④ A、B 和 C 格變藍色，其餘格不變色，溫度指數請填 "C"

⑤ A、B、C 和 D 格變藍色，溫度指數請填 "D"

3. 地點

▲當 **撥發疫苗** 時，請在卡片上填寫：

1. 出庫日期

2. 溫度指數 (一, A, B, C, D)

· 當所有格子仍維持不變色 (白色)，則此箱疫苗可正常使用

· 如果 A、B、C 三格全變藍，但 D 不變色時，表示此箱疫苗曾暴露在超過 10°C 但不到 34°C 的環境下，其暴露時間如下：

	溫度指數		
	A	B	C
12°C	3天	8天	14天
21°C	2天	6天	11天

· 如果 D 格變藍，表示此箱疫苗曾暴露在 34°C 以上的溫度下，至少 2 小時，請檢查冷運冷藏系統何處有問題，並加以改善。

· 當有效期限已到，則不適用三個月內可以使用的指示。

圖 4.2 溫度監視卡背面(續)

但上述兩種配送方式皆有缺陷。如 A 疫苗廠商的包裝方式，雖然可以讓保溫箱保持 24 個小時內溫度介於 2~8°C，但仍缺乏即時(real-time)反應溫度變化，即使裝有電子溫度計也僅能事後觀察是否溫度產生變化，導致無法即時掌握電子溫度計內的資料。且此種包裝方式所需成本額貴且佔用體積範圍龐大，會有空間浪費現象，另外特殊的保溫箱包材方式以及保溫箱的回收工作也會讓運費升高。A 疫苗廠商目前的疫苗運輸方式，大部分由他們公司自行配送，委外由其他物流公司配送的數量較少，且由於代理國外疫苗

公司，有相當多的商業機密部分無法透露於我們，於是本研究乃以 B 疫苗公司為主要探討對象。下一小節則為探討 B 疫苗公司現行配送流程之缺失。

4.2 導入失效模式與效應分析(FMEA)於現行疫苗配送流程

本小節利用失效模式與效應分析(FMEA)尋找現行疫苗配送流程產生之失效模式。又為了方便了判定責任歸屬問題，我們將失效模式分為失誤及失效兩種情況，失誤情況意指操作人員未按造正確方法或操作步驟，導致疫苗發生失溫情況；而失效情況意指操作人員已按造正確的操作方法及操作步驟，但仍發生疫苗失溫情況。兩種情況於責任歸屬判斷上具有不同的意義，如為操作人員個人因素導致，則操作人員須擔當造成疫苗損壞之責任；而若為機械故障或其他外在原因，其責任則不為操作人員所擔負。失誤情況如：司機未按造正確的溫度設定導致疫苗失溫，搬運疫苗時因個人因素使疫苗長時間暴露於室溫下，送錯客戶等情況。而失效情況可能出現的情形如：壓縮機出現異常情況、冷藏車空調呈現忽冷忽熱情形、車上電子溫度計故障，或遇上車禍或塞車導致延後送達等，這些異常情況皆有可能發生。

參考流程圖 4.1，我們列舉出在配送過程中可能出現失誤或失效情況的情境。

- A. 情境 1a：當司機抵達疫苗廠商倉儲後，應依據疫苗訂單資訊檢測疫苗廠商倉儲人員所準備之疫苗其疫苗品名與規格、批號、數量是否正確，經盤點正確簽收完成後才繼續進行配送流程。於上述情境中，可能出現司機未仔細確認疫苗品名與規格、批號、數量是否正確之情況，此動作歸屬於司機失誤情況。
- B. 情境 1b：載運裝箱程序為司機拿取保溫箱至疫苗廠商的倉庫，將疫苗盒(一盒可能有 12 支，15 支，20 支疫苗，並無確定的數量)裝進冰桶並放入冰電，接著視客戶端是否要求投入溫度監視卡，若要求則放入溫度監視卡；若無要求則不需投入。於實際操作上，載運裝箱程序通常司機會將同一客戶之疫苗放於同一冰桶，極少情況會將不同客戶之疫苗混裝於同一冰桶。其原因不只為了便利，更為了避免送錯疫苗之情況。在此前提下，載運裝箱程序司機可能將不同客戶所訂之疫苗放於同一冰桶，導致疫苗送錯客戶之情況。此動作歸屬於司機失誤情況。
- C. 情境 1c：從疫苗廠商冷藏倉庫搬運疫苗至冷藏車過程中，有段期間可能會處於室溫情況下，司機應儘速將保溫箱搬至冷藏車上，以避免疫苗發生失溫情況。

若司機未按照此操作準則，讓保溫箱長時間曝曬於室溫下，可能導致疫苗溫度過高情況。此動作歸屬於司機失誤情況。

- D. 情境 1d：疫苗搬運上冷藏車後，司機開始進行配送動作，將疫苗送至不同客戶端。在配送過程中，可能發生空調故障情況，溫度持續上升或溫度持續下降之情況，或是空調系統呈現時好時壞之情形。此部分歸屬失效情況。
- E. 情境 1e：冷藏車上裝有溫度計可反應車廂內之溫度，然而車廂之溫度可能受氣候之影響，若於夏季，鐵皮車廂受日曬影響其溫度可高達 50°C。且溫度計所反應的是車廂內的溫度，並不是疫苗的真正溫度。溫度計所顯示的溫度可能是空調系統的溫度或是當天氣候之溫度，但卻不一定是疫苗的溫度。若發生失溫屬於失效情況。
- F. 情境 1f：冷藏車到達客戶端後，會將保溫箱搬至醫院端倉庫端。將疫苗從冷藏車卸下搬運至客戶端冷藏倉庫有段期間可能處於室溫情況，此段期間會使疫苗溫度上升，應盡快將疫苗搬至客戶端倉庫。若此段時間發生疫苗失溫情況，屬於司機失誤情況。
- G. 情境 1g：疫苗運送至客戶端後，會進行驗收動作，首先會觀察溫度監視卡 A、B、C、D 格是否有變藍情況，接著觀察液態球體是否有破裂情況做為判斷準則。根據個案配合廠商主管表示，過去曾經發生液態球體因擠壓而破裂情況，並非溫度低於 0°C 所導致。若發生上述情形，屬於失效情況。
- H. 情境 1h：檢查溫度監視卡及外包裝無異常後，接著進行確認疫苗品名與規格、批號、數量是否正確，以避免發生送錯客戶之情況。若客戶端倉儲人員未仔細確認疫苗品名與規格、批號、數量是否正確，此歸屬為客戶端倉儲人員之失誤情況；或如上述司機將不同客戶之疫苗放於同一冰桶內，送達客戶端後，容易發生送錯疫苗之情況。發生上述情況則屬於司機的失誤情況。
- I. 情境 1i：確認疫苗品名與規格、批號、數量皆正確後，應即刻進行入庫動作。但根據個案配合廠商主管告知，以前曾出現已確認疫苗品名規格、批號、數量皆正確，但卻未入庫之情況。結果事後才發現疫苗箱未搬至冷藏倉庫內，導致疫苗發生毀損。此部分屬客戶端倉儲人員之失誤情況。

針對整體現行配送流程：目前的疫苗配送流程，乃觀察溫度監視卡及保溫箱紙盒外包裝受潮情況來判斷是否有發生失溫情況，然而這樣的判斷僅能於事後作為判斷基準，卻無避免發生失誤之功效，也就是現行疫苗配送流程缺乏即時反應疫苗溫濕度之功能，

且於配送過程中，其溫濕度資訊是屬於不通透情況，無法達到資訊共享之概念，這些都是可改善的地方。而若不幸發生疫苗失溫情況，現行疫苗配送流程無法反應問題發生的原因與時間點，於日後的賠償及責任歸屬問題皆無法作為判斷的基準。

接續上述情境可能產生失誤或者失效情況，我們利用 FMEA 表單方式呈現並搭配致命度評估來決定各個失效模式的處理優先順序，此 FMEA 表單乃訪談個案配合廠商所回答之結果而得。

致命度評估乃是針對構成疫苗配送流程失誤或失效之各片段流程或作業方式，計算其失誤或失效情況發生會對整體配送流程產生影響，針對影響度高低進行排序。在實務應用上，常見的有 ABC 法則或者 80-20 原則，本著資源有限情況，這些方法皆是針對影響度高或者經濟價值高的產品進行優先處理，而本研究則針對所有可能產生之失誤失效情況進行處理，但仍優先處理致命度高的失誤或失效模式，並希望能針對致命度越高之失誤或失效模式降低其致命度。

在進行失效模式發生頻率，可參考表 3.2；而進行對整體流程造成之影響、經濟性、風險性等部分進行評估時，可使用表 3.3。將上述提到各流程情境可能產生之失誤失效情形整理如表 4.1 所示。

表 4.1 現行疫苗配送流程之 FMEA 表單

流程、作業	失效模式	對整體流程之影響	經濟性	風險性	致命度
情境 1a	司機未仔細確認疫苗品名與規格(4)	流程延遲(6)	極小(2)	極小(2)	$4*[6+2+2]=40$
情境 1a	司機未仔細確認疫苗批號(4)	流程延遲(6)	極小(2)	極小(2)	$4*[6+2+2]=40$

表 4.1 現行疫苗配送流程之 FMEA 表單(續一)

流程、作業	失效模式	對整體流程之影響	經濟性	風險性	致命度
情境 1a	司機未仔細確認疫苗數量(4)	流程延遲(6)	極小(2)	極小(2)	$4*[6+2+2]=40$
情境 1b	不同客戶疫苗裝於同一保溫箱，導致送錯客戶情況(4)	流程延遲(6)	極小(2)	極小(2)	$4*[6+2+2]=40$
情境 1c	於室溫下未緊急將保溫箱搬至冷藏車(2)	流程中斷(10)	完全毀損(10)	極高(10)	$2*[10+10+10]=60$
情境 1d	於配送途中，冷凍空調發生故障(2)	流程中斷(10)	完全毀損(10)	極高(10)	$2*[10+10+10]=60$
情境 1d	配送途中，冷凍空調呈現異常溫度變化(2)	流程中斷(10)	中等毀損(6)	中高(8)	$2*[10+6+8]=48$
情境 1e	溫度計未能顯示疫苗真正溫度(6)	可忽略(2)	輕微毀損(4)	極小(2)	$6*[2+4+2]=48$

表 4.1 現行疫苗配送流程之 FMEA 表單(續二)

流程、作業	失效模式	對整體流程之影響	經濟性	風險性	致命度
情境 1e	配送過程中可能遇到車禍、塞車情況(6)	可忽略(2)	輕微毀損(2)	極小(2)	$6*[2+2+2]=36$
情境 1f	於室溫下，未緊急將疫苗從冷藏車搬至客戶端倉庫(2)	流程中斷(10)	完全毀損(10)	極高(10)	$2*[10+10+10]=60$
情境 1g	溫度監視卡之液態球體因擠壓而破裂(2)	可忽略(2)	中等(6)	極小(2)	$2*[2+6+2]=20$
情境 1h	客戶端倉管未仔細確認疫苗之品名與規格(4)	流程延遲(6)	極小(2)	極小(2)	$4*[6+2+2]=40$
情境 1h	客戶端倉管未仔細確認疫苗之批號(4)	流程延遲(6)	極小(2)	極小(2)	$4*[6+2+2]=40$
情境 1h	客戶端倉管未仔細確認疫苗之數量(4)	流程延遲(6)	極小(2)	極小(2)	$4*[6+2+2]=40$

表 4.1 現行疫苗配送流程之 FMEA 表單(續三)

流程、作業	失效模式	對整體流程之影響	經濟性	風險性	致命度
情境 1h	不同客戶疫苗裝於同一保溫箱，導致送錯客戶情況(4)	流程延遲(6)	極小(2)	極小(2)	$4*[6+2+2]=40$
情境 1i	客戶端倉儲人員未正確將疫苗入庫(2)	流程中斷(10)	完全毀損(10)	極高(10)	$2*[10+10+10]=60$
流程	現行疫苗配送流程無法即時反應疫苗狀態(8)	可忽略(2)	極小(2)	中高(8)	$8*[2+2+8]=96$
流程	現行疫苗配送流程缺乏通透度(8)	可忽略(2)	極小(2)	中等(6)	$8*[2+2+6]=80$
流程	現行疫苗配送模式，無法判斷責任歸屬(6)	可忽略(2)	中高(8)	極小(2)	$6*[2+8+2]=72$

資料來源：本研究整理

根據表 4.1 所整理出的結果，將致命度由高至低進行排序，我們發現現行疫苗配送流程無法即時反應溫濕度狀態為目前應積極解決的問題之一。而現行疫苗配送流程無法反應在配送時的疫苗溫濕度資訊而客戶端，於配送途中發生意外情況也僅有物流廠商知情，若廠商刻意隱瞞則無法得知疫苗溫濕度發生之情況，因此本問題亦為應積極處理問題的對象。而當疫苗發生毀損時，於責任歸屬之判斷亦無一可靠判斷根據，因此容易造

成互相推卸責任之問題。因此本研究針對上述這些問題與上述致命度較高之情境，利用導入 RFID 資訊系統於現行疫苗配送流程來解決這些問題，所推估出的合理化配送流程於下一章節討論。



第五章 合理化之疫苗配送流程

5.1 合理化推估(TO-BE)疫苗配送流程文件化

5.1-1 合理化疫苗配送流程圖

將現行疫苗配送流程，導入 FMEA 手法及 RFID 資訊系統，其流程圖變更如圖 5.1 所示。

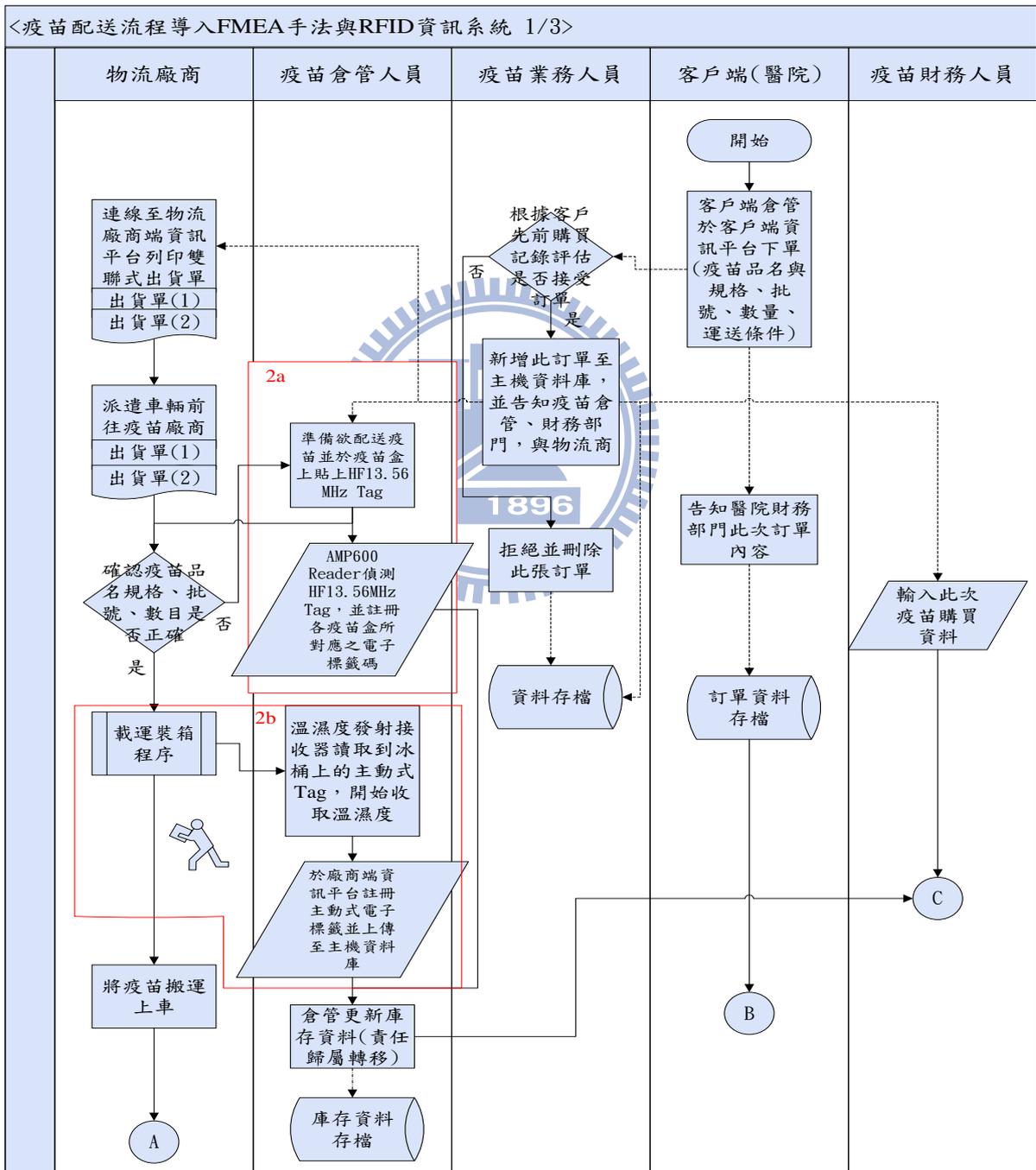


圖 5.1 疫苗配送流程導入 FMEA 手法與 RFID 資訊系統(1/3)

<疫苗配送流程導入FMEA手法與RFID資訊系統 2/3>

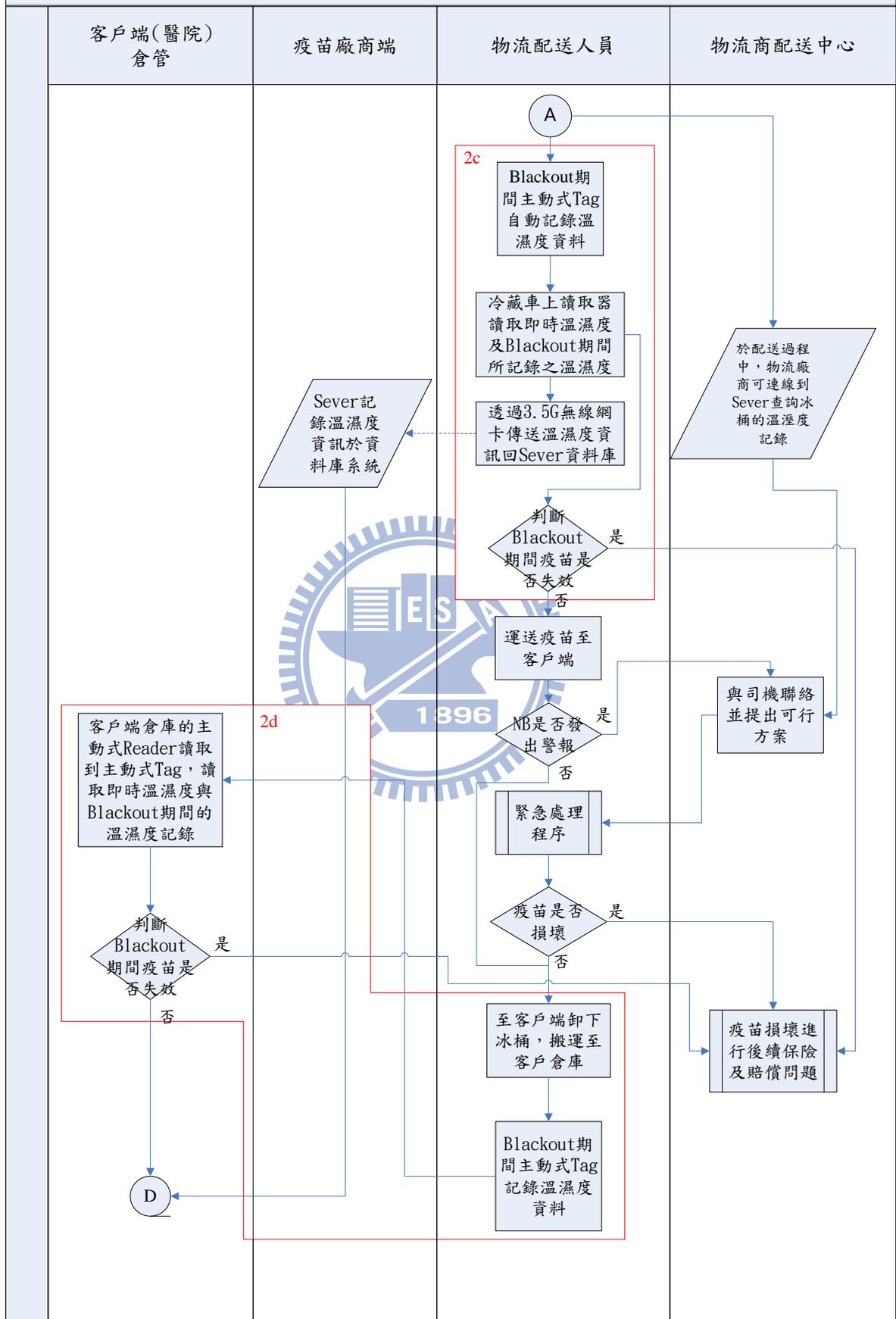


圖 5.1 疫苗配送流程導入FMEA手法與RFID資訊系統(2/3)

<疫苗配送流程導入FMEA手法與RFID資訊系統(3/3)>

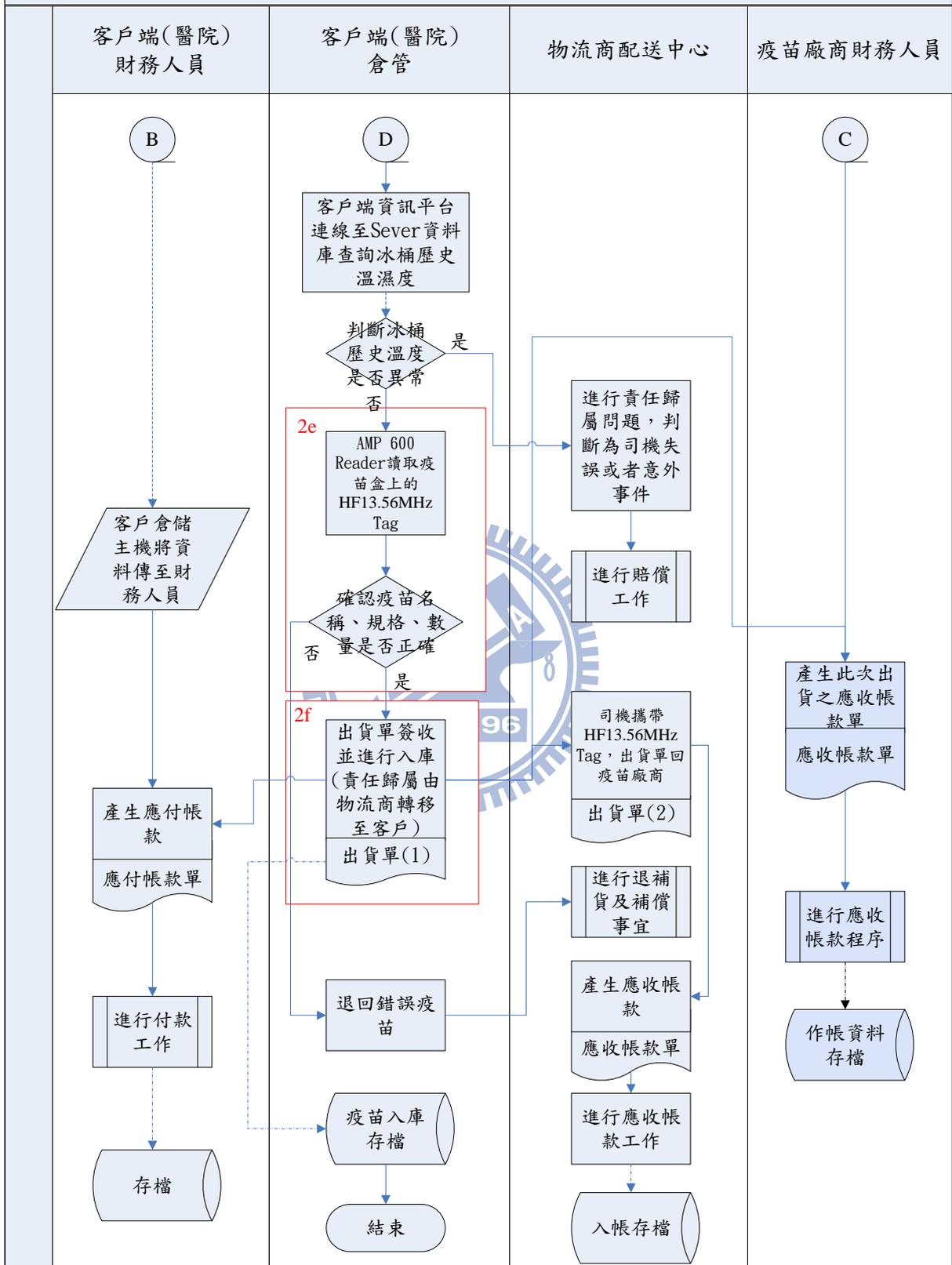


圖 5.1 疫苗配送流程導入 FMEA 手法與 RFID 資訊系統(3/3)

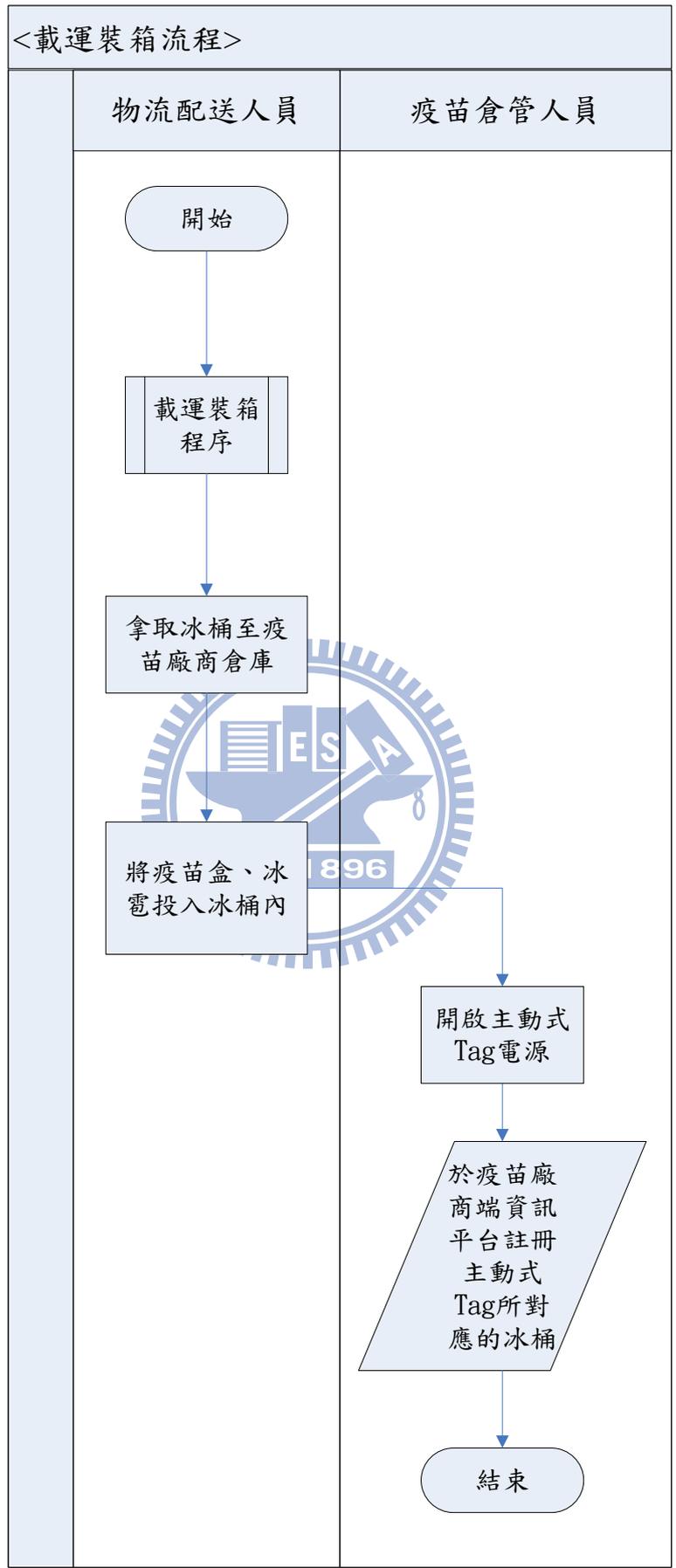


圖 5.1 疫苗配送流程導入 FMEA 手法與 RFID 資訊系統-載運裝箱程序

5.1-2 運用文件化彙整之合理化疫苗配送(TO-BE)流程

有鑑於以往疫苗配送模式的缺點，本研究導入失效模式與效應分析手法(Failure Mode and Effects Analysis, FMEA)及無線射頻辨識系統(Radio Frequency Identification, RFID)於疫苗配送流程中。前置準備動作必須在疫苗廠商架設一台主機(Sever)，物流廠商及客戶端倉儲分別架設子電腦(Client)，主機與子電腦之間透過網際網路連線到資訊平台分享彼此資訊；配運的冷藏車上配備了車機(本研究以筆記型電腦代替使用)與 3.5G 無線網卡通訊設備，車機透過 3.5G 無線網卡與主機傳遞資訊。疫苗廠商倉儲、冷藏車及客戶端倉儲皆裝有溫濕度發射接收器以接收智慧型冰桶所偵測之溫溼度資料，如圖 5.2、圖 5.3 所示；疫苗廠商倉儲及客戶端倉儲則裝有 HF 13.56MHz AMP 600 讀取器以偵測 ISO 15693 型 HF13.56MHz 電子標籤，如圖 5.4、圖 5.5 所示。



圖 5.2 溫濕度發射接收器

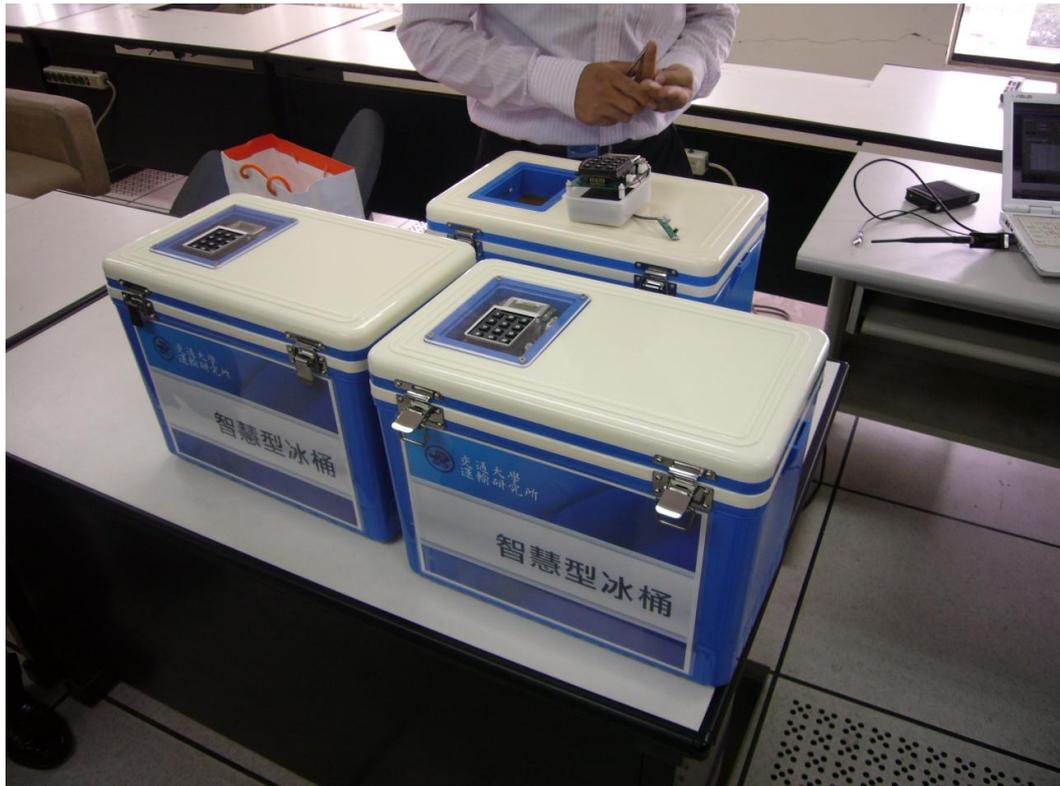


圖 5.3 智慧型冰桶



圖 5.4 HF 13.56MHz AMP 600 讀取器

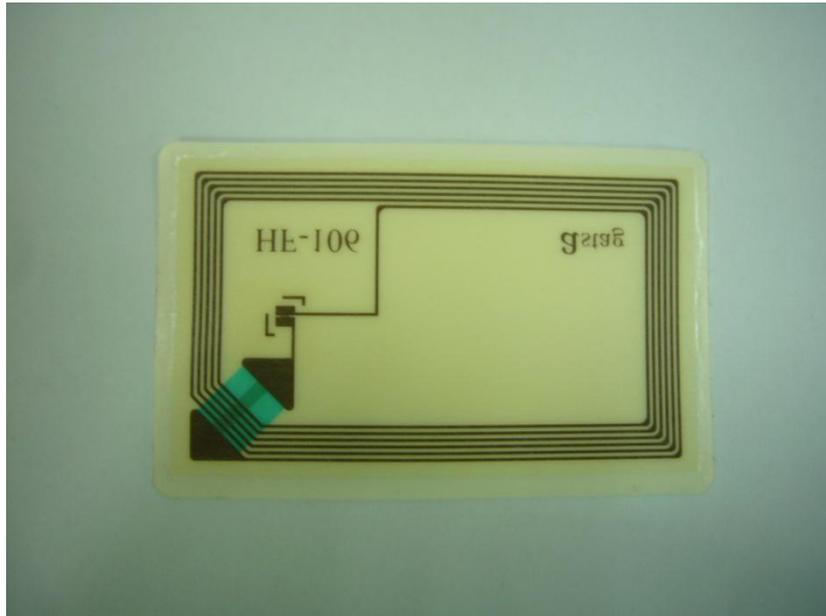


圖 5.5 ISO 15693 型 HF13.56MHz 電子標籤

智慧型冰桶內含主動式 UHF 433MHz 溫濕度感知電子標籤(以下以主動式電子標籤稱之)以及主動式 UHF433MHz 讀取器(以下以主動式讀取器稱之)，主動式電子標籤可用於偵測溫濕度資訊，並具備自動記錄溫濕度資訊之功能，但必須裝載電池方能使用，本研究所使用的智慧型冰桶需使用 4 號電池，所偵測之溫濕度資訊會回傳至主動式讀取器，並於主動式讀取器上之面板顯示即時溫濕度狀況，如圖 5.6 所示。再透過溫濕度發射接收器將冰桶所記錄之溫濕度資訊傳送至電腦上，可即時於 RFID 資訊平台上顯示疫苗溫濕度狀態；HF13.56MHz 電子標籤在本研究中用於掌握疫苗數量與追蹤是否正確把疫苗送至各客戶端。上述這些硬體設備搭配各端點資訊平台構成了配送的基本元素，所需硬體與軟體功能整理如表 5.1 所示。進行疫苗配送流程前，於疫苗廠商端，疫苗廠商人員需註冊疫苗資訊於疫苗廠商資訊平台，註冊疫苗廠商販售之各項疫苗的品名與規格、批號、疫苗的單價、疫苗的使用功能與使用條件等資訊。



圖 5.6 UHF433MHz 主動式讀取器

表 5.1 合理化推估模式各片段流程所需軟硬體

片段流程	所需硬體	使用人員	所使用資訊平台
1.下訂單流程	子電腦(Client)	客戶倉儲人員	客戶端資訊平台
2.疫苗廠商評估是否接受 訂單流程	主機(Sever)	疫苗廠商人員	疫苗廠商端資訊平 台
3.指派物流廠商	X	疫苗廠商人員	X
4.物流廠商接單流程	子電腦(Client)	物流廠商人員	物流廠商端資訊平 台
5.派遣冷藏車至疫苗廠商 端領取疫苗	智慧型冰桶、 冰電	司機	X
6.疫苗廠商端註冊 Tag、 裝載疫苗流程	子電腦(Client)、 HF 13.56MHz Tag、 溫濕度發射接收器、 AMP 600 Reader	疫苗廠商倉儲 人員、司機	疫苗廠商端資訊平 台

表 5.1 合理化推估模式各片段流程所需軟硬體(續一)

片段流程	所需硬體	使用人員	所使用資訊平台
7.Tag 註冊資訊傳至各端點	子電腦(Client)	疫苗廠商倉儲人員	疫苗廠商端資訊平台
8.離開疫苗廠商搬運冰桶至冷藏車流程	車機(NB)、 溫濕度發射接收器、	疫苗廠商倉儲人員、司機	車機端資訊平台
9.配送至客戶端流程，透過 3.5G 無線網卡回傳溫濕度	車機(NB)、 溫濕度發射接收器、 3.5G 無線網卡	司機	車機端資訊平台
10.從冷藏車卸下冰桶搬至客戶端流程	溫濕度發射接收器、 子電腦(Client)	司機、 客戶倉儲人員	客戶端資訊平台
11.查詢冰桶歷史溫濕度記錄	子電腦(Client)	客戶倉儲人員	客戶端資訊平台
11.客戶端疫苗簽收與入庫流程	AMP 600 Reader、 子電腦(Client)	司機、 客戶倉儲人員	客戶端資訊平台

資料來源：本研究整理

本研究著眼於現行疫苗配送流程無法反映疫苗即時溫濕度資訊及配送流程缺乏通透度。因此導入 FMEA 及 RFID 技術於本研究中，並開發出一套 RFID 資訊系統。此小節即為介紹如何將開發出的 RFID 資訊系統於實務上進行測試與應用。

本研究將疫苗配送流程分為四個角色，一者為疫苗廠商、一者為物流廠商、一者為冷藏車、一者為客戶(醫院)端，配送流程示意圖如圖 5.7 所示。配送流程主要可切割成 11 個片段流程，流程為串聯動作，一個接一個陸續完成，也就是說片段流程 1 完成才能進行片段流程 2 動作，接著進行片段流程 3，一直持續到片段流程 11 完成配送動作。其中片段流程 8~11 為冷藏車配送至客戶端的路程，也是本研究最重視的部分，所以將其切割成 4 個片段流程進行探討。

1. 客戶下訂單流程
2. 疫苗廠商評估是否接受訂單流程

3. 指派物流廠商
4. 物流廠商接單流程
5. 派遣冷藏車至疫苗廠商端
5. 冷藏車前往疫苗廠商倉庫
6. 疫苗廠商端註冊 HF 13.56MHz 與主動式 Tag、裝載疫苗流程
7. Tag 註冊資訊傳至客戶端
8. 離開疫苗廠商搬運冰桶至冷藏車流程
9. 配送流程
10. 從冷藏車卸下冰桶搬至客戶端之流程
11. 查詢冰桶歷史溫濕度記錄
11. 客戶端疫苗簽收與入庫流程

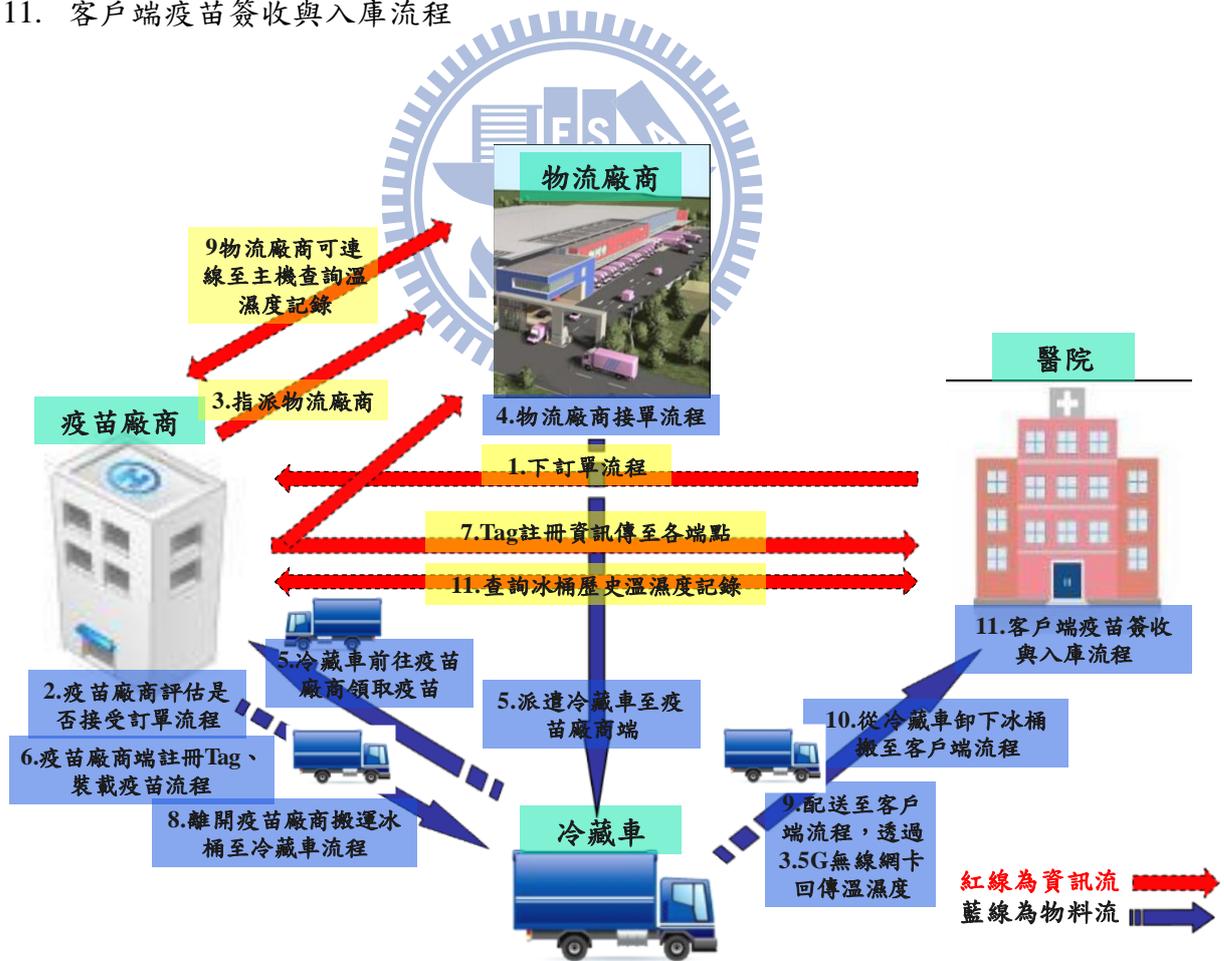


圖 5.7 疫苗配送流程示意圖

本研究所規劃之合理化疫苗配送流程如下所述：

1. 客戶下訂單流程：客戶開啟客戶端資訊平台，透過網路網路連線到主機資料庫，首先應輸入客戶的帳號與密碼登入疫苗訂單畫面，如圖 5.8、圖 5.9，接著點選新增訂單選項，進入新增訂單畫面，如圖 5.10 所示，即可新增此次訂購所要購買的疫苗品名與規格、批號、數量等資訊，輸入完成後，點選發送訂單，此批訂單資訊傳送到疫苗廠商的主機資料庫。

進行客戶下訂單流程，前置動作必須先於客戶端裝設一台子電腦，子電腦內安裝客戶端資訊平台，客戶登入客戶端資訊平台即可進行下訂單動作。

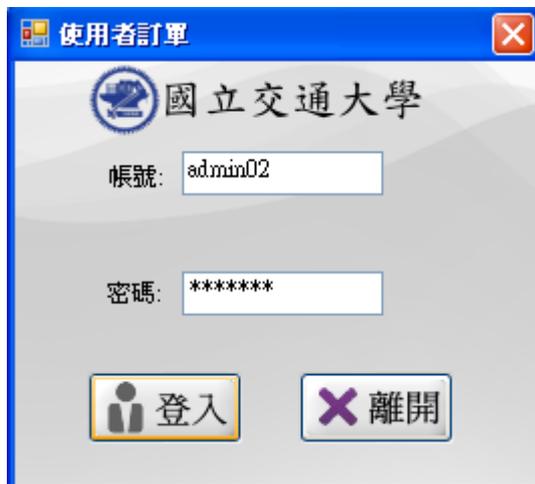


圖 5.8 客戶端輸入帳號密碼



圖 5.9 客戶端訂單功能畫面

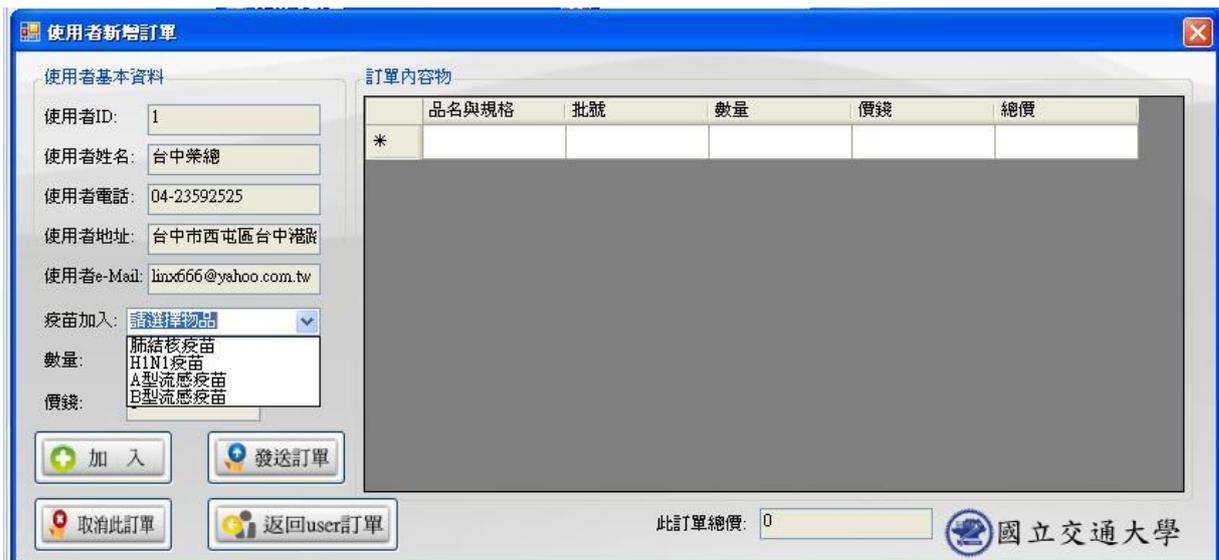


圖 5.10 客戶端新增訂單畫面

2. 疫苗廠商評估是否接受訂單流程：完成訂單輸入動作，此張訂單資訊會傳至疫苗廠商端的主機資料庫。疫苗廠商獲知有客戶進行訂購動作，會先查詢客戶先前購買記錄是否良好。若客戶之前購買記錄良好，沒有欠款或延遲付款記錄，則允許此張訂單；若先前購買記錄不佳，則取消此張訂單，如圖 5.11 所示。經確認接下此張訂單，疫苗廠商業務人員根據訂單所訂購之疫苗品名與規格、批號、數量等資訊通知疫苗廠商倉儲人員進行備貨動作。

進行疫苗廠商評估訂單流程，前置動作必須於疫苗廠商裝設主機，主機內安裝疫苗廠商端資訊平台，疫苗廠商人員登入疫苗廠商資訊平台即可評估是否接下此張訂單。

3. 疫苗廠商確認接受此張訂單，會選擇一合適物流廠商進行疫苗配送工作。
4. 物流廠商接單流程：當疫苗廠商通知物流廠商進行配送動作，物流廠商人員開啟物流廠商端資訊平台輸入使用者帳號密碼，透過網際網路連線到主機資料庫，查詢此次配送的出貨單單號，進行出貨單(此出貨單為雙聯式)列印動作，如圖 5.12。出貨單如圖 5.13 所示。

進行物流廠商接單流程，前置動作必須在物流廠商裝設子電腦，子電腦內安裝物流廠商端資訊平台。物流廠商人員登入物流廠商端資訊平台，進行查詢與列印出貨單動作。



圖 5.11 疫苗廠商評估是否接受訂單畫面



圖 5.12 物流廠商新增並列印出貨單畫面

五洲製藥 出貨單

出貨單號：100610170534 (1/1)
 客戶名稱：台中榮總
 聯絡人：李四
 送貨地址：台中市西屯區台中港路160號
 統一編號：11111111
 備註：營業時間24小時

出貨日期：10/06/10
 聯絡電話：04-23592525
 傳真電話：0227660173
 Email：linx666@yahoo.com.tw

冰桶編號	產品名稱	數量	單位	單價	金額
001	肺結核疫苗	5	組	1200	6000
001	H1N1疫苗	5	組	1200	6000
001	A型流感疫苗	5	組	1500	7500
001	B型流感疫苗	5	組	1300	6500
小計：26000		稅金：1300		合計：27300	

第一聯廠商自存 第二聯客戶留存

倉管：_____ 司機：_____ 客戶簽收：_____

註一：煩請確認無誤後並簽收，謝謝合作！

圖 5.13 出貨單

- 出貨單列印完成後，物流廠商人員會將此張出貨單交給司機，司機則依據出貨單上的廠商、客戶基本資料與購買疫苗資訊進行配送動作。
- 接著司機攜帶智慧型冰桶(以下以冰桶稱之)至疫苗廠商倉庫領取疫苗。
- 疫苗廠商確定接受客戶所下達之訂單後，會將此訂單資訊傳送至疫苗廠商倉儲人員，疫苗廠商倉儲人員會依據訂單資訊，於客戶所購買之疫苗盒上貼上所對應 HF13.56MHz 電子標籤，並於 HF13.56MHz 電子標籤上註冊疫苗盒所對應的疫苗品名與規格、批號、數量等資訊。司機根據出貨單至疫苗廠商倉庫拿取疫苗，首先應確認疫苗品名與規格、批號、數量三者是否皆正確，若正確，司機與疫苗廠商倉儲人員於出貨單進行簽收，接著進行載運裝箱程序；若疫苗名稱與規格、批號不正確，則進行更換；若疫苗名稱與規格、批號皆正確，但數量不正確的話，則與現行配送模式同，進行多退少補，補貨賠償問題則依客戶與疫苗廠商所談之條件處理。

進入載運裝箱流程程序，司機拿取冰桶至疫苗廠商倉儲，將疫苗盒裝進冰桶並投入冰電，接著開啟主動式電子標籤的電源鍵，主動式讀取器開始偵測主動式電子標籤，並透過溫濕度發射接收器回傳即時溫濕度資訊。疫苗廠商倉儲人員也同時於

疫苗廠商端資訊平台註冊每一主動式電子標籤所對應之冰桶。於本研究的做法，將個別客戶訂購之疫苗裝於同一個冰桶內，以避免客戶混淆之情況發生。

進行疫苗廠商端操作流程，必須在疫苗廠商的倉儲端架設一台主機，AMP 600 讀取器，溫濕度發射接收器，HF13.56MHz 電子標籤；司機則需準備冰電、冰桶與主動式電子標籤。於主機內則安裝疫苗廠商端資訊平台及資料庫系統。主機內所安裝的疫苗廠商端資訊平台，可提供疫苗廠商倉儲人員註冊 HF13.56MHz 電子標籤碼與主動式電子標籤，HF13.56MHz 電子標籤碼代表每個疫苗箱內的疫苗品名與規格、批號、數量等資訊。而主動式電子標籤註冊，可幫助使用者了解哪一個主動式電子標籤所代表的冰桶，若如前所述，同一客戶所訂購之疫苗皆放於一冰桶內，則可進一步輸入冰桶所對應的客戶是誰。當主動式讀取器偵測到主動式電子標籤，即開始進行溫濕度的收取，並透過溫濕度發射接收器傳回疫苗廠商端資訊平台，即時顯示目前的溫溼度狀況，並疫苗溫度發生異常則透過警報功能給予即時警報。

而於疫苗廠商端資訊平台應可設定溫度的警戒範圍(現實生活中，疫苗溫度通常應保持介於 2~8°C，因此我們可設溫度低於 3°C 或高於 7°C 則發出警告)，當主動式電子標籤所偵測之溫度高於溫度上限，或所偵測之溫度低於溫度下限，則於疫苗廠商端資訊平台會給予警報。而本研究更進一步利用統計迴歸分析來預測當疫苗溫度呈現上升或下降趨勢時，利用線性預測方式來預測多久後可能發生失溫情況，可提早警告於使用者。

7. 當架設於疫苗廠商端的 AMP 600 讀取器讀取到 HF13.56MHz 電子標籤的資訊後，則將各 HF13.56MHz 電子標籤碼所代表的疫苗品名與規格、批號、數量等資訊，傳送給購買該疫苗盒之客戶(當疫苗送至各客戶端後，透過客戶端所架設之 AMP 600 讀取器讀取 HF13.56MHz 電子標籤的標籤碼，再對照疫苗廠商所給之標籤碼，即可知道該疫苗箱是否正確)。

在完成主動式電子標籤註冊動作並簽收後(責任歸屬由疫苗倉管人員轉移至司機)，疫苗廠商倉儲人員應將註冊之主動式電子標籤資訊利用網路傳至主機資料庫，當物流廠商與客戶端進行查詢時，即可知道哪一個冰桶對應哪一張訂單，如此方能達成資訊共享之概念。

8. 離開疫苗廠商，搬運冰桶至冷藏車操作流程：將冰電放入冰桶後，接著司機將冰桶搬至冷藏車。在司機將冰桶搬至冷藏車途中，會有一段時間處於室溫情況下，在此環境下，可能會使冰桶溫度上升，因此應迅速將冰桶搬至冷藏車上。在將冰桶搬運至冷藏車途中，如果冰桶內裝設的主動式電子標籤離疫苗廠商倉儲端溫濕度發射接

收器距離過遠，溫濕度發射接收器可能會無法讀取到主動式電子標籤所偵測之溫濕度資訊，此段時間稱為封閉(Blackout)期間，此期間主動式電子標籤應自動記錄當時的溫溼度資訊，直到主動式電子標籤靠近車上所裝載之溫濕度發射接收器時，溫濕度發射接收器讀取到主動式電子標籤並開始收取溫濕度資訊，而主動式電子標籤則應將封閉期間所記錄溫濕度資料透過溫濕度發射接收器傳遞至車機，接著車機端資訊平台判斷是否有溫度異常情況發生，若有，則判斷疫苗已產生失溫情況，應進行回收動作，並進行後續賠償動作，然而於實務上，將冰桶從疫苗廠商冷藏倉庫搬至冷藏車通常不會太久，因此不太可能發生失溫情況。除非一些人為因素影響所致。若無，則繼續進行配送動作。

於上述流程，冷藏車上應裝設車機及溫濕度發射接收器等硬體，車機內安裝車機端資訊平台。當溫濕度發射接收器讀取到主動式電子標籤，除了將即時讀取到的溫溼度資訊於車機端資訊平台顯示，並將主動式電子標籤於封閉期間所記錄的溫溼度傳到車機上，車機端資訊平台再判定於封閉期間是否發生溫度過高情形。

9. 配送流程：司機將疫苗搬運上車，並參照出貨單將疫苗配送至客戶端。於配送途中冷藏車上所裝載的溫濕度發射接收器會持續接收主動式電子標籤所回傳之溫濕度資訊，如圖 5.14。並透過 3.5G 無線網卡將主動式電子標籤所偵測之溫濕度資訊傳至主機資料庫，物流廠商人員可透過物流廠商端資訊平台連線到主機資料庫，輸入日期與時間即可搜尋到冰桶所偵測之溫濕度狀況，幫助物流廠商了解目前疫苗之溫濕度狀態，如圖 5.15。

進行配送流程，冷藏車上必須裝載車機與溫濕度發射接收器。車機內安裝車機端資訊平台。當溫濕度發射接收器讀取到主動式電子標籤，主動式電子標籤會開始回傳冰桶溫濕度，並於車機端資訊平台顯示即時的溫濕度狀況。車機端資訊平台可設定溫度上限與溫度下限，當偵測之溫度高於所設定之溫度上限，或偵測之溫度低於所設定之溫度下限，系統會予以警報，並傳送簡訊與電子郵件至物流廠商端，如圖 5.16。提醒物流廠商人員目前疫苗溫度處於異常情況，進而幫助物流廠商人員幫助司機進行緊急處理。如：到最近的便利商店買冰塊裝入冰桶；物流廠商人員也可透過指派方式告知司機離目前最近的物流中心，讓司機可以至此地卸下疫苗或將疫苗卸至其他冷藏車上。



圖 5.14 即時溫濕度資訊偵測

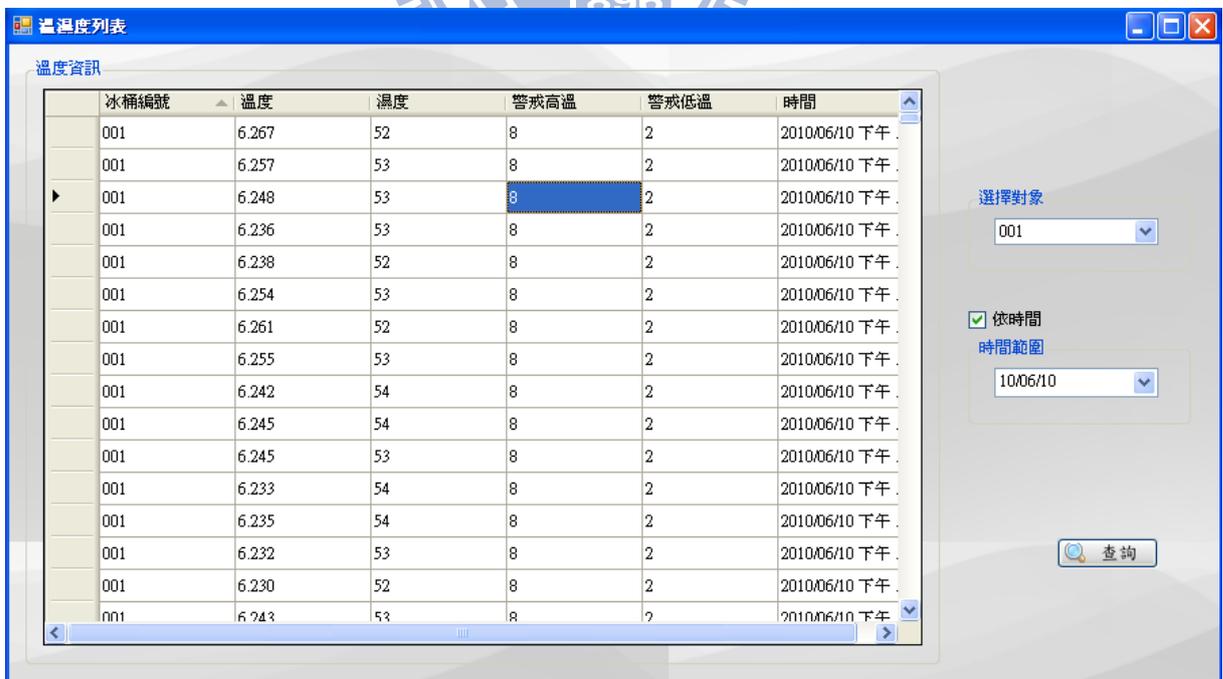


圖 5.15 物流廠商查詢配送時疫苗溫濕度

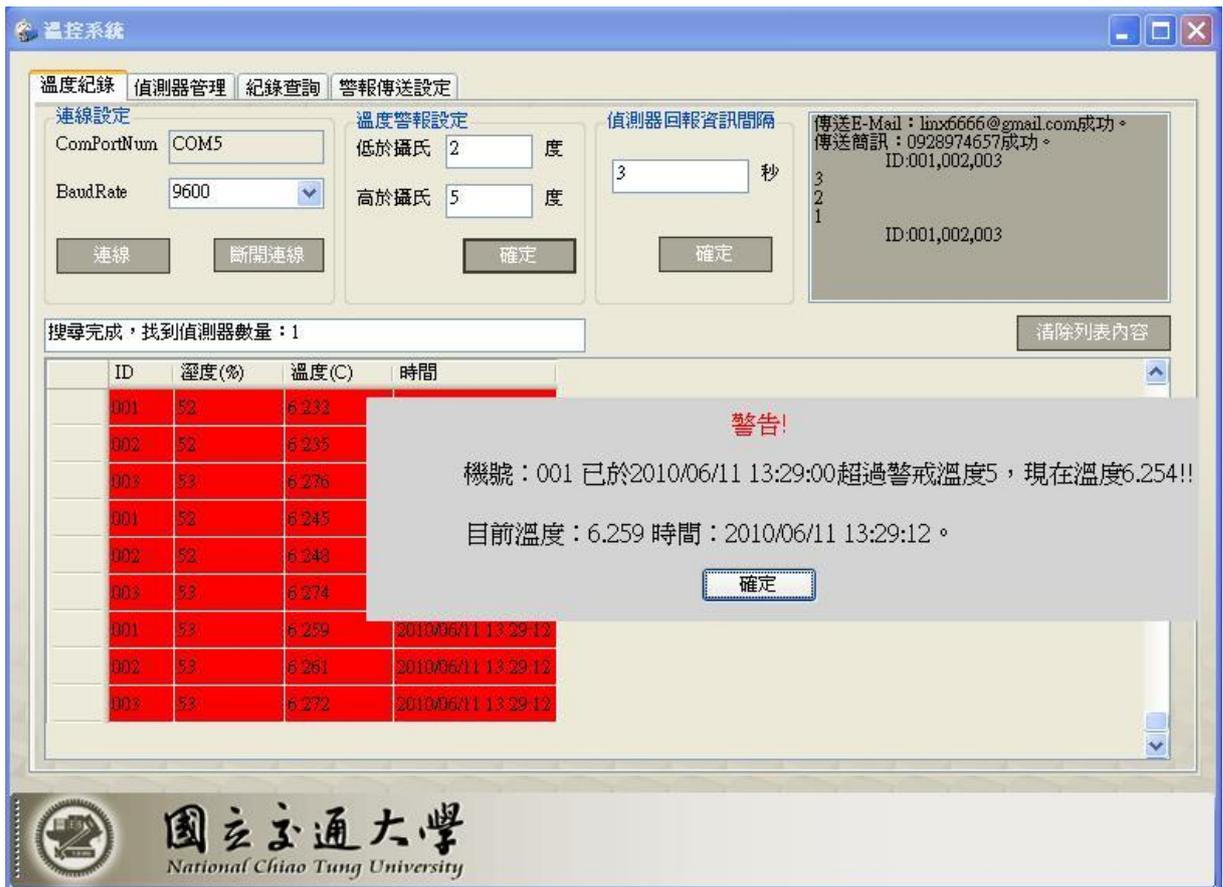


圖 5.16 偵測之溫度高於設定之溫度上限(1/5)



圖 5.16 偵測之溫度低於設定之溫度下限(2/5)



圖 5.16 溫度異常時傳遞簡訊至指定電話號碼(3/5)



圖 5.16 溫度異常時傳遞資訊至指定電子信箱(4/5)

度(%)	溫度(C)	時間	警戒高溫(C)	警戒低溫(C)
	6.14815	2010/6/10 下午 01:26:34		
	6.16595	2010/6/10 下午 04:18:43		
	6.14451	2010/6/10 下午 04:19:01		
	6.11715	2010/6/10 下午 04:19:06		
	6.12975	2010/6/10 下午 04:19:11	7	
	6.14235	2010/6/10 下午 04:19:16	7	
	6.15505	2010/6/10 下午 04:19:21	7	
	6.16765	2010/6/10 下午 04:19:26		
	6.18035	2010/6/10 下午 04:19:31		
	6.19295	2010/6/10 下午 04:19:36		
	6.15751	2010/6/10 下午 04:19:41		
	6.11835	2010/6/10 下午 04:19:46		
	6.13105	2010/6/10 下午 04:19:51		
	6.14365	2010/6/10 下午 04:19:56	6	
	6.15625	2010/6/10 下午 04:20:01	6	

圖 5.16 查詢溫度介面-溫度高於設定溫度與溫度低於設定溫度之情形(5/5)

10. 從冷藏車卸下冰桶搬至客戶端流程：當司機抵達客戶端時，將冰桶卸下搬運至客戶端冷藏倉庫途中，與上述從疫苗廠商搬至冷藏車相同，會有一段路程處於室溫情況，此時應迅速將冰桶搬至客戶端冷藏倉庫，以避免發生疫苗失溫情況。而將冰桶從冷藏車搬至客戶端冷藏倉庫途中，主動式電子標籤因距離冷藏車所裝載之溫濕度發射接收器距離過遠，因而偵測不到疫苗溫濕度情況，也就是前面所提到的封閉期間，在此期間內主動式電子標籤應自動記憶疫苗溫濕度資訊，當主動式電子標籤靠近醫院端所裝載之溫濕度發射接收器時，溫濕度發射接收器讀取主動式電子標籤並開始收取疫苗溫濕度情況，而主動式電子標籤應將封閉期間的所記錄的溫溼度資訊透過溫濕度發射接收器傳遞至醫院端的子電腦，子電腦內所安裝的客戶端資訊平台接著判斷疫苗是否發生失溫情況，若有，則判斷疫苗已產生失溫情況，應進行回收動作，並進行後續賠償動作；若無，則將冰桶搬至醫院端冷藏倉庫。

於冷藏車將冰桶搬至客戶端冷藏倉庫流程，必須於客戶端冷藏倉庫架設子電腦與溫濕度發射接收器。而子電腦內應安裝客戶端資訊平台，當溫濕度發射接收器讀取到主動式電子標籤時，除了回傳即時偵測之溫濕度，並將封閉期間所記錄之溫濕度回傳至客戶端資訊平台，資訊平台再判定是否發生溫度異常情形。

11. 客戶端疫苗簽收與入庫流程：當司機搬運冰桶抵達客戶端冷藏倉庫，架設於客戶端倉庫的溫濕度發射接收器進行讀取主動式電子標籤動作。主動式電子標籤除了回傳即時溫濕度資料，並將封閉期間所記錄的溫濕度資料傳回客戶端資訊平台。客戶端資訊平台會判定封閉期間的溫度是否發生異常變化，經判定封閉期間疫苗溫度沒有異常變化。接著客戶端倉儲人員透過客戶端資訊平台連線到主機資料庫，登入使用者帳號密碼之後，點選查詢訂單，輸入所要查詢的日期、時間、哪一張訂單，即可查詢冰桶於配送過程中所記錄的歷史溫濕度資料，如圖 5.17、圖 5.18 所示。若疫苗於配送途中溫度皆落於正常範圍，則接續進行判定疫苗正確性動作。當客戶端的 AMP 600 讀取器偵測到貼於疫苗箱上的 HF13.56MHz 電子標籤，客戶端倉儲人員可對照 HF13.56MHz 電子標籤碼是否與疫苗廠商所給的註冊資訊相同，經判定疫苗皆正確送達客戶端，則客戶端倉儲人員於出貨單上簽收，完成此次疫苗配送。司機回收 HF13.56MHz 電子標籤並連同出貨單一起拿回至疫苗廠商。

進行客戶端操作流程，前置動作必須於客戶端倉庫架設子電腦，主動式與 AMP 600 讀取器，子電腦內安裝客戶端資訊平台。當溫濕度發射接收器偵測到主動式電子標籤，於客戶端資訊平台顯示即時溫濕度資訊，並具備警報功能(同物流廠商與車機端)，在前述判定過程中，資訊平台仍會隨時監控疫苗溫濕度狀態，以避免發生溫

度過高情形。冰桶溫濕度查詢功能可讓客戶端倉儲人員於驗收疫苗時作為判斷的基準，了解疫苗於配送途中的溫濕度變化，進而增加疫苗可靠性。AMP 600 讀取器則可用於判定疫苗是否正確送達，避免司機送錯客戶之情況。

使用者查詢訂單

使用者基本資料

使用者ID: 1

使用者姓名: 台中榮總

使用者電話: 04-23592525

使用者地址: 台中市西屯區台中港路

使用者e-Mail: lnx666@yahoo.com.tw

訂單

100610170534

訂單內容物

	品名與規格	批號	數量	價錢	總價
▶	肺結核疫苗	8	5	1200	6000
	H1N1疫苗	7	5	1200	6000
	A型流感疫苗	9	5	1500	7500
	B型流感疫苗	10	5	1300	6500
*					

此訂單總價: 26000

此訂單目前狀態: 運送中

連線冰桶溫度

返回user訂單

國立交通大學

圖 5.17 客戶查詢訂單介面

冰桶編號	溫度	濕度	時間
001	6.267	52	2010-06-10 下...
001	6.257	53	2010-06-10 下...
001	6.248	53	2010-06-10 下...
001	6.236	53	2010-06-10 下...
001	6.238	52	2010-06-10 下...
001	6.254	53	2010-06-10 下...
001	6.261	52	2010-06-10 下...
001	6.255	53	2010-06-10 下...
001	6.242	54	2010-06-10 下...
001	6.245	54	2010-06-10 下...
001	6.245	53	2010-06-10 下...
001	6.233	54	2010-06-10 下...
001	6.235	54	2010-06-10 下...
001	6.232	53	2010-06-10 下...
001	6.230	52	2010-06-10 下...
001	6.243	53	2010-06-10 下...

圖 5.18 客戶查詢溫濕度結果

本研究所建構之 RFID 資訊系統其目的在於即時反應疫苗溫濕度情況，並針對可能產生溫度異常之情況，提早於 RFID 資訊平台進行警報，以幫助使用者可以即時進行緊急處理。透過溫濕度發射接收器讀取主動式電子標籤所偵測之溫濕度資訊，讓使用者可以了解疫苗於配送過程中所有溫濕度變化。儘管將冰桶從疫苗廠商倉庫搬至冷藏車，以及將冰桶從冷藏車搬至客戶端冷藏倉庫，會有段時間(封閉期間) 溫濕度發射接收器無法讀取到主動式電子標籤的資訊，但由於主動式電子標籤具有自動記錄溫濕度之功能，當溫濕度發射接收器重新讀取到主動式電子標籤，主動式電子標籤會將封閉期間所記錄之溫濕度透過溫濕度發射接收器傳回資訊平台，因此仍可以讀取到疫苗於封閉期間的溫濕度變化。如此一來，RFID 資訊系統可以掌握疫苗從疫苗廠商出庫到客戶端入庫之前的所有溫濕度變化，改善傳統疫苗配送流程溫濕度資訊不通透之情形，因而提高疫苗的可靠性。

而 RFID 資訊系統警報功能之建立，可以幫助使用者於疫苗可能產生風險時提早進行緊急處置，進而避免疫苗損壞之情況發生。若能避免疫苗損壞情形發生，其所節省之賠償成本相當可觀。

上述提出的這些流程步驟可提供即時性處理，相對於以往僅能在事後才發現疫苗毀損，本研究 RFID 技術與 FMEA 手法可即時反應給司機或倉管人員知道有異常狀況發生，可避免疫苗毀損損失之成本。且系統資料庫的建立，可提供查詢溫度記錄資料，讓日後在判定責任歸屬有所依據。所以整體而言，導入 RFID 技術在疫苗配送是有其必要性的。

5.1-3 合理化疫苗配送流程之解決成果

本小節針對第四章所提出的現行疫苗配送流程缺失，運用合理化疫苗配送流程來預防並避免於流程中各失效模式之發生。參考流程圖 5.1。

1. 於情境 2a，疫苗倉管人員於疫苗盒上貼上所對應之 HF 13.56MHz 電子標籤，並於 HF 13.56MHz 電子標籤註冊各疫苗盒所對應之疫苗品名與規格、批號、數量等條件。透過 AMP 600 讀取器偵測 HF 13.56MHz 電子標籤，即可得知此次出貨的疫苗品名與規格、批號、數量等資訊，如此一來可減少與避免現行倉管人員或司機利用目測或盤點等方式所造成的檢貨錯誤。利用 HF 13.56MHz 電子標籤註冊方式可避免流程圖 4.1 情境 1a 司機未仔細確認疫苗品名與規格、批號、數量等失效模式；此外情境 1b 中將不同客戶裝於同一保溫箱，亦可利用對照電子標籤碼方式得知疫苗是否確實為該客戶訂購之疫苗，進而避免發生疫苗拿錯之情形。
2. 於情境 2b，疫苗倉管人員將疫苗與冰電投入冰桶內，並開啟冰桶上的主動式電子標籤電源，透過溫濕度發射接收器即時將冰桶上所偵測之溫度傳送至疫苗廠商端資訊平台，於冰桶上的主動式讀取器面板亦會顯示即時溫濕度狀態。於情境 2c，當封閉期間發生時，架設於疫苗廠商端之溫濕度發射接收器，因距離過遠無法接收主動式電子標籤所回傳的溫溼度資訊，主動式電子標籤記錄當時所偵測之溫濕度資訊，當冷藏車之溫濕度發射接收器讀取到主動式電子標籤時，主動式電子標籤將封閉期間所記錄之溫濕度透過溫濕度發射接收器回傳至車機端資訊平台，車機端資訊平台在判定是否發生異常狀況。

參照流程圖 4.1 情境 1c 失效模式，於室溫下未緊急將保溫箱搬至冷藏車，此失效模式乃司機職責範圍，於實務上這部分乃透過宣導方式要求司機加快搬運速度。而於本研究中利用溫濕度發射接收器讀取主動式電子標籤所偵測之疫苗溫濕度資訊，於封閉期間溫濕度發射接收器無法讀取到主動式電子標籤，主動式電子標籤自動記錄當時所偵測之溫濕度狀況，並於車機端溫濕度發射偵測器讀取時回傳此段期間所記錄之溫度，車機端資訊平台再判斷封閉期間是否有溫度異常情況發生。然而冰桶上之主動式讀取器面板仍會顯示疫苗即時溫濕度資訊，可幫助司機判斷疫苗目前溫度，提升不少助益。

而於情境 1d，配送過程中冷藏車之空調可能故障或呈現異常的溫度變化情形，此乃機械故障之因素，本研究不考慮如何改善機械故障原因。然而於配送過程中若冷藏空調發出故障或異常情況，透過主動式電子標籤即時偵測疫苗溫濕度資訊，亦

可反映疫苗目前溫度現況，且迴歸預警機制更可幫助使用者即早發現疫苗有發生失效之風險，進而可提早進行處置。

情境 1e，溫度計未能顯示疫苗真正溫度，此失效模式於本研究中則透過冰桶內所裝設之主動式電子標籤即時偵測溫濕度，相較於現行疫苗配送流程，更能確切的顯示疫苗溫濕度狀態。

3. 於情境 2d，當疫苗從冷藏車卸下搬至客戶端倉庫，會產生封閉期間，此段期間車機端溫濕度發射接收器無法讀取到主動式電子標籤所偵測之溫濕度資訊。主動式電子標籤會自行記錄封閉期間疫苗之溫濕度變化，當冰桶搬運至客戶倉庫端，客戶端之溫濕度發射接收器會讀取主動式電子標籤於封閉期間內所記錄之溫濕度資訊，並回傳至客戶端資訊平台，客戶端資訊平台會判斷封閉期間冰桶之溫度是否有異常情形。與上述同，在封閉期間冰桶上的主動式讀取器面板會持續顯示主動式電子標籤所偵測之溫濕度資訊，可幫助司機了解當時疫苗溫濕度變化情形，進而避免疫苗溫度過高。

參考流程圖 4.1 情境 1f，於室溫下，未緊急將疫苗從冷藏車搬至客戶端倉庫，此失效模式仍屬司機職責範圍，與前述同，實務上通常要求司機應儘速搬運至客戶端倉庫，以避免疫苗溫度發生過高或過低情形。而於本研究中，主動式讀取器面板會即時顯示溫濕度資訊於面板上，可幫助司機進行判斷疫苗現行溫濕度狀態。當司機搬運冰桶至客戶端倉庫，溫濕度發射接收器會讀取封閉期間主動式電子標籤所記錄之溫濕度資訊，以幫助使用者了解封閉期間疫苗的溫濕度變化。

情境 1g，溫度監視卡之液態球體因擠壓而破裂，此失效模式於合理化疫苗配送流程則不為考慮。本研究透過 RFID 資訊系統可取代溫度監視卡之功用，並具備即時的溫濕度偵測與警報預警功能。因此此失效模式於合理化疫苗配送流程不會產生。

4. 於情境 2e，當疫苗送達客戶端，AMP 600 讀取器讀取 HF 13.56MHz 電子標籤，並對照電子標籤碼來確認疫苗品名與規格、批號、數量是否與訂單同，即可了解是否有送錯疫苗之情形。

參考流程圖情境 1h，客戶端倉管未仔細確認疫苗之品名與規格、批號、數量，此失效模式於合理化推估疫苗配送流程，可透過 HF 13.56MHz 電子標籤所註冊之疫苗資訊克服，客戶端僅需對照疫苗廠商所給之電子標籤碼是否與訂單購買資訊同，相較於現行配送流程利用盤點方式，更不易出錯且方便。

5. 於情境 2f，確認疫苗品名與規格、批號、數量皆正確後，客戶端倉管進行簽收與入庫動作。

參考流程圖 4.1 情境 1i，客戶端倉儲人員未正確將疫苗入庫，導入疫苗溫度過高毀損，此失效模式乃根據個案配合廠商過去曾遇過之經驗。現行疫苗配送流程因為缺乏通透度，因此無法斷定疫苗是於哪一階段發生疫苗失效情形。於合理化推估疫苗配送流程中，當客戶端進行簽收後，責任歸屬轉移至客戶端倉管，且可透過連線到主機資料庫系統，查詢所有冰桶所記錄之疫苗溫濕度，因此，若為客戶端倉管未進行即時入庫，其責任由客戶端倉管所負責，不會因缺乏通透度而將此責任推給物流廠商。

於現行疫苗配送流程另外具有三項失效模式，1.現行疫苗配送流程無法即時反應疫苗狀態 2.現行疫苗配送流程缺乏通透度 3.現行疫苗配送模式無法判斷責任歸屬。上述三項失效模式於合理化推估疫苗配送流程皆可獲得有效的解決。透過 RFID 資訊系統的建立，提供即時的溫濕度監控與警報機制，即可有效解決現行疫苗配送流程無法即時反應疫苗溫度此項缺點。而現行疫苗配送流程缺乏通透度之缺點，也可透過主機資料庫系統的查詢功能，了解疫苗從疫苗廠商出貨配送至客戶端入庫此段路途中疫苗的溫濕度變化，因而增加疫苗使用的安全性與品質。另外資料庫查詢功能之建立，更可提供使用者於判定責任歸屬相當大的依據，進而避免互相推卸責任之情況發生。

5.2 開發 RFID 資訊系統

有鑑於現行疫苗配送流程缺乏即時監控溫濕度功能，且配送過程中之疫苗溫濕度資訊處於不通透情況，於疫苗品質的控管與責任歸屬問題，往往產生一些爭議。本研究導入 RFID 資訊系統於疫苗配送流程，整體 RFID 資訊系統，如圖 5.19 所示，包含了硬體設備、軟體技術、資料庫系統、通訊工具以及使用者五個部分。

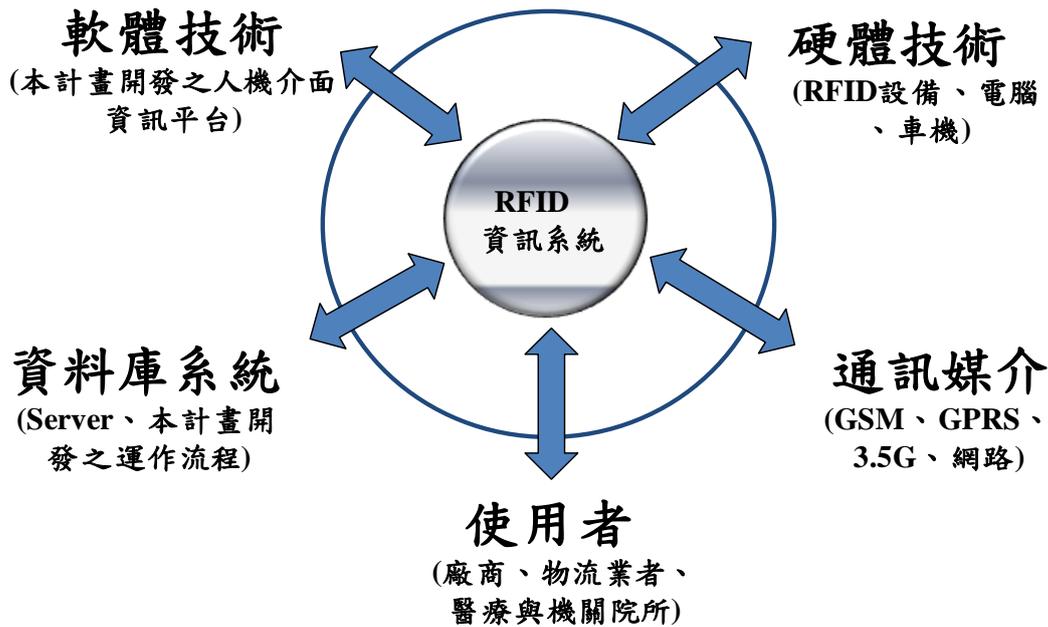


圖 5.19 RFID 資訊系統架構圖

硬體設備由架設於疫苗廠商之主機(Sever)與架設於物流廠商、客戶端之子電腦(Client)以及車機(使用 Notebook 代替), 讀取器(Reader), 具感測溫濕度功能之主動式電子標籤(Tag), HF13.56MHz 電子標籤(Tag)等部分所組成。讀取器主要分為兩種, 其一為主動式讀取器, 可讀取主動式電子標籤所傳來的溫溼度資訊; 另一種讀取器為 AMP 600 讀取器, 可讀取 HF13.56MHz 電子標籤上的標籤碼。具感測溫濕度功能之主動式電子標籤可用於偵測溫濕度資訊, 並具備自動記錄溫濕度資訊之功能, 但必須裝載電池方能使用, 本研究所使用的主動式電子標籤使用 4 號電池, HF13.56MHz 電子標籤在本研究中用於掌握疫苗數量與追蹤是否正確的把疫苗送至各客戶端。

軟體部位為本研究所開發出之人機介面資訊平台, 分為疫苗廠商端、車機端、物流廠商端、客戶端四個部分, 上述這四個資訊平台皆可連線到疫苗廠商之主機資料庫, 資料庫屬於共通概念, 而資訊平台乃利用 C#程式語言所編輯而成。

1. 疫苗廠商端: 於疫苗廠商端主機, 我們利用 C#程式語言撰寫疫苗廠商端資訊平台, 此資訊平台具有疫苗註冊、HF13.56MHz 電子標籤註冊、主動式電子標籤註冊、使用者帳號管理、訂單處理、即時溫濕度監控與警報、溫濕度查詢等功能。登入使用者帳號密碼之後, 即可開啟各項服務功能, 如圖 5.20。



圖 5.20 疫苗廠商登入介面

- 1-1 疫苗註冊：疫苗廠商端資訊平台可提供疫苗廠商倉儲人員於資訊平台註冊所有要販售疫苗資訊，包含有哪些疫苗種類、疫苗的品名與規格、疫苗的批號、疫苗的單價、疫苗的有效期限，以及疫苗的功用等相關資訊，如圖 5.21 所示。



圖 5.21 疫苗註冊介面

- 1-2 HF13.56MHz 電子標籤註冊：疫苗廠商確定接受客戶所下達之訂單後，會將此訂單資訊傳送至疫苗廠商倉儲人員，疫苗廠商倉儲人員會依據訂單資訊針對客戶所購買之疫苗貼上 HF13.56MHz 電子標籤，本研究以疫苗盒(通常疫苗會以 12 支、20 支裝在疫苗盒內，作為出售單位)為單位，分別於每個疫苗盒上貼上 HF13.56MHz 電子標籤，並於 HF13.56MHz 電子標籤上註冊所對應的疫苗品名與規格、批號、數量等資訊，註冊完成後，會將此註冊資訊傳給客戶端，當疫苗送達客戶端後，客戶可以依此註冊資訊來確認疫苗是否正確，釐清是否有送錯疫苗之情形。
- 1-3 主動式電子標籤註冊：司機確認疫苗的品名與規格、批號、數量與訂單所示相同，會進行簽收動作。簽收完成後，司機拿取冰桶至疫苗廠商冷藏倉庫，將疫苗盒放入冰桶內並投入冰電。當溫濕度發射接收器偵測到主動式電子標籤時，主動式電子標籤會將偵測之溫濕度傳送至疫苗廠商端資訊平台。此時疫苗廠商人員可將收取到的主動式電子標籤於資訊平台註冊所對應的冰桶，即可了解不同冰桶現在的溫溼度狀況，而物流廠商端、車機端、客戶端皆可透過連線到主機資料庫，了解每一個主動式電子標籤所代表的冰桶。上述硬體部分提到主動式電子標籤具有自動儲存溫濕度記錄之功能，此功能可克服當主動式電子標籤離溫濕度發射接收器過遠時，所發生

收取不到疫苗溫濕度之情況，因而避免疫苗溫濕度資訊不通透之缺點。當溫濕度發射接收器重新讀取到主動式電子標籤時，即可回傳此段時間所記錄之溫濕度資訊，資訊平台再判斷是否有發生溫濕度過高或過低之情形，若發生溫濕度過高或過低情況，也可作為釐清責任歸屬之判斷依據。

- 1-4 使用者帳號管理：資訊平台可進行使用者之維護與管理，對物流廠商與客戶設立不同的使用者帳戶與密碼，並進行維護作業，定時更新物流廠商與客戶的各項資訊，例如：物流廠商地址、客戶地址、聯絡方式、客戶是否有準時付款，欠款或者其他不良記錄，如圖 5.22、圖 5.23 所示。

廠商後端管理系統

物流人員管理

帳號：admin01
 密碼：admin01
 姓名：張三
 電話：02-25551111
 住址：新竹市大學路1001號10F
 E-Mail：linx666@yahoo.com.tw

新增 刪除 查詢 修改 清空

項次	帳號	密碼	人員姓名	人員電話	人員住址
▶	admin01	admin01	張三	02-25551111	新竹市大學路
*					

圖 5.22 物流廠商基本資料維護

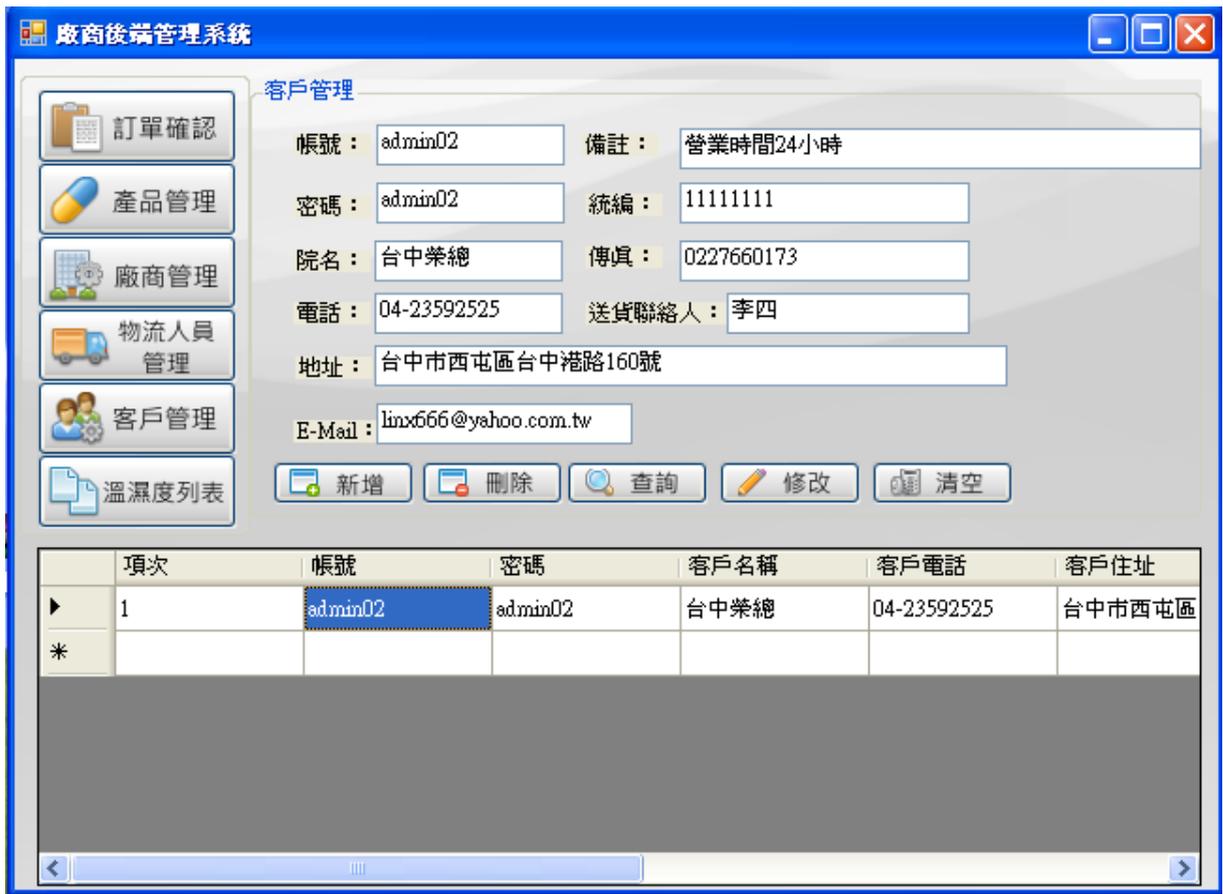


圖 5.23 客戶基本資料維護

- 1-5 進行訂單的處理:當客戶下達訂單後,疫苗廠商人員可針對該下單之客戶進行查詢,了解客戶先前的購買情況是否良好,若良好才進行訂單之處理;否則則刪除或暫不處理此次訂單。確認客戶先前購買記錄是良好情況,則針對客戶此次所訂購的疫苗資訊進行查詢,了解目前的疫苗庫存狀況,若疫苗不足則需進行進貨,補足疫苗數量之後再按確認鍵完成訂單確認動作。當訂單確認動作完成後,此次訂單資訊也會同時新增到主機資料庫內,物流廠商連線到主機資料庫即可得到此批訂單的訂單資料,如圖 5.11,圖 5.12 所示。
- 1-6 即時溫濕度監控與警告功能:當溫濕度發射接收器偵測到主動式電子標籤所傳來的溫溼度資訊時,會馬上將此溫濕度資訊於疫苗廠商端資訊平台顯示,而於資訊平台可設定溫度上限與溫度下限,當主動式電子標籤所偵測溫度超越所設定之溫度上限或低於溫度下限則會進行警報,告知疫苗廠商人員目前疫苗溫度處於異常情況。而本研究也利用統計迴歸模式針對所收取的溫度記錄進行線性趨勢預測,觀察疫苗溫度是否呈現上升或下降趨勢,並運用檢定出來之結果預測多久後會發生疫苗溫濕度異常之情況,並於資訊平台上給予警報,可提前告知使用者可能多久後會產生疫苗溫度異常之風險,讓使用者可以提早進行適當的處置。

- 1-7 提供查詢溫濕度之功能：物流廠商人員於配送過程中，登入使用者帳號密碼之後，即可連線到主機資料庫進行冰桶之溫濕度查詢功能，接著只要輸入訂單的單號，輸入冰桶代號即可得知該冰桶的溫濕度狀況。於配送完成後，客戶端也可以連線到主機資料庫進行疫苗冰桶的溫濕度查詢，其操作步驟與上述相同，輸入訂單的單號，想要查詢的冰桶代號，即可顯示該冰桶的過去歷史溫濕度資料，可幫助客戶端確認疫苗配送過程溫濕度是屬於正常狀況，如圖 5.18 所示。
2. 車機端：車機利用筆記型電腦(Notebook, NB)代替，可透過 3.5G 無線網卡傳送疫苗溫濕度資訊至架設於疫苗廠商端的主機，以達成資訊共享的概念。而車機端資訊平台主要具有警報，溫濕度監控與資料庫功能，如下所述：
- 2-1 即時溫濕度監控之功能：當冷藏車上的溫濕度發射接收器偵測到主動式電子標籤，溫濕度發射接收器會開始收取主動式電子標籤所偵測之溫濕度資訊，即時透過車機上的資訊平台顯示主動式電子標籤所偵測的溫濕度資訊，並將溫濕度資訊記錄於車機內的資料庫系統，如圖 5.14。於上述提到本研究所開發之主動式電子標籤具有自動記錄溫濕度之功能，即使溫濕度發射接收器目前無法偵測到主動式電子標籤的資訊，主動式電子標籤仍會自動記憶此段時間的所有溫濕度變化，此段溫濕度發射接收器無法偵測到主動式電子標籤的期間稱之封閉(Blackout)期間。當溫濕度發射接收器重新讀取到主動式電子標籤時，主動式電子標籤除了回傳現在的溫濕度資訊之外，亦會將封閉期間所記錄的溫濕度資訊透過溫濕度發射接收器傳回到車機的資訊平台，資訊平台再判定是否有發生溫濕度過高或過低之情況。
- 2-2 警報功能：車機上之資訊平台具有偵測溫濕度異常之功能，使用者可以設定溫度上限與下限，當主動式電子標籤所偵測之溫度高於使用者所設定之溫度上限，或溫度低於所設定之溫度下限，則車機端資訊平台會發出警報，如圖 5.16。資訊平台另具有迴歸預警功能，利用迴歸分析來判斷疫苗溫度是否呈現上升或下降趨勢，若檢定結果發現疫苗溫度具有線性成長或下降趨勢，則車機端資訊平台會根據此上升或下降趨勢來預測多久後會發生疫苗溫度異常之情況，可提前對司機進行警報，以幫助司機進行緊急處理。當上述異常情況發生時，資訊平台除了發出警告，並同時會傳送簡訊(Message)及發送電子郵件(e-mail)至物流廠商端，以幫助物流廠商人員了解目前疫苗溫度呈現異常情形。進一步物流廠商人員可協助司機進行緊急的相關處理。
- 2-3 資料庫功能：車機上的資訊平台所收取的溫濕度資訊會先記錄於車機的資料庫內，再透過 3.5G 無線網卡傳至疫苗廠商的主機資料庫，物流廠商及客戶端可透過網際網路連線到主機資料庫，進行疫苗溫濕度查詢之動作，如此方能達到疫苗配送流程溫濕度資訊通透之概念。

3. 物流廠商端：於物流廠商端子電腦裝有物流廠商端資訊平台，此資訊平台具有新增與列印出貨單(出貨單上具有廠商與客戶基本資料，以及此次訂單所購買的疫苗品名與規格、批號、數量等資訊)，以及溫濕度查詢之功能，其具體功能如下所述：

3-1 新增與列印出貨單：透過物流廠商端資訊平台連線至疫苗廠商的主機資料庫，登入使用者帳號與密碼之後，物流廠商可獲取疫苗訂單資訊，司機欲進行配送前，會列印出貨單內容，並根據出貨單上的廠商與客戶基本資料及購買資料進行配送動作，如圖 5.11、圖 5.12 所示。

3-2 溫濕度查詢之功能：物流廠商端資訊平台透過網際網路連線到疫苗廠商的主機資料庫，可以了解車機所傳來之疫苗溫濕度資訊，物流廠商人員可藉此了解疫苗目前的溫濕度狀態，若物流廠商人員覺得疫苗溫度有過高或過低之情況，可聯絡司機調整冷藏車空調溫度，避免疫苗發生溫度異常之風險，如圖 5.15 所示。若於配送過程中發生疫苗溫度異常情形，車機端資訊平台利用簡訊與電子信箱告知物流廠商人員，物流廠商人員也可即時連線到主機資料庫了解目前疫苗溫濕度狀況，以幫助物流廠商人員下決策幫助司機進行緊急處理。

4. 客戶端：於客戶端資訊平台，主要具有新增訂單、溫濕度監控、確認疫苗正確性與查詢訂單(溫濕度查詢)之功用，其具體功能如下所述：

4-1 新增訂單之功能：於客戶端資訊平台，首先應登入客戶的帳號密碼，運用網際網路連線到主機的資料庫系統，如圖 5.8 所示。登入資訊平台之後，使用者可以點選是否要新增或者查詢訂單，如圖 5.9 所示；新增訂單部分讓客戶可以進行下單動作，操作選擇想要購買的疫苗品名與規格、批號、數量，並輸入運送條件等資訊。完成上述動作後，按下發送訂單鍵以完成此次疫苗訂購，如圖 5.10 所示。

4-2 溫濕度監控功能：溫濕度監控之功能與前述車機端之功能相同，當溫濕度發射接收器讀取到主動式電子標籤時，會顯示溫濕度資訊於客戶端資訊平台，並同時記錄於資料庫系統，並將封閉期間的所記錄的溫溼度傳回客戶端資訊平台，客戶端資訊平台則進行判定封閉期間溫度是否發生異常狀況。

當主動式電子標籤所偵測之疫苗溫度高於所設定之溫度上限或疫苗溫度低於所設定之溫度下限，客戶端資訊平台會予以警報。而迴歸預警功能，可判斷目前的疫苗溫度是否呈現異常上升或下降趨勢，利用目前所偵測之疫苗溫度資料透過迴歸分析，預測多久後可能會產生疫苗溫度異常之風險，而提醒客戶端倉儲人員，以方便客戶端倉儲人員可提早進行相關處理。

4-3 確認疫苗正確性之功能：當冷藏車抵達客戶端冷藏倉庫，司機卸下冰桶並搬運至客戶端冷藏倉庫。當架設於客戶端倉庫的 AMP 600 讀取器讀取到 HF13.56MHz 電子

標籤，會於客戶端的資訊平台顯示所偵測到的 HF13.56MHz 電子標籤碼，客戶端倉儲人員可對照疫苗廠商人員所傳送之 HF13.56MHz 電子標籤碼所代表的各種疫苗品名與規格、批號、數量，客戶端倉儲人員可由標籤碼對照是否與訂單購買資訊相同，若相同則完成配送動作。

- 4-4 查詢訂單：進行溫濕度查詢動作，應先選擇是哪一次訂單，接著點選此次訂單選取查詢冰桶溫濕度。此查詢訂單介面的主要功用是當冷藏車到達客戶端之冷藏倉庫時，客戶端的倉儲人員可以連線至主機的資料庫系統，進行查詢此批訂單於配送時的所有溫濕度資訊。從主動式電子標籤電源開啟之後，進行配送過程一直到目前為止的所有溫濕度資訊都可由查詢到，如圖 5.17 圖 5.18 所示。

上述各端點之資訊平台所需搭配之硬體與軟體功能稍有不同，整理如表 5.2 所示。但所提到情況皆為 RFID 資訊系統正常運作情況，但於實際操作時可能面臨一些意外情況，如：溫濕度發射接收器無法讀取到主動式電子標籤資訊(主動式電子標籤電池能量耗盡)，溫濕度發射接收器沒有回應(USB 插槽未插緊)等情況。因此本研究針對一些意外情況提些一些應對方案，如下所述：

1. 溫濕度發射接收器讀取不到主動式電子標籤，應有一段時間的上限，例如：2 分鐘。若 2 分鐘溫濕度發射接收器持續收取不到主動式電子標籤訊號，則應於當時所在地的端點資訊平台進行警告，如圖 5.24。

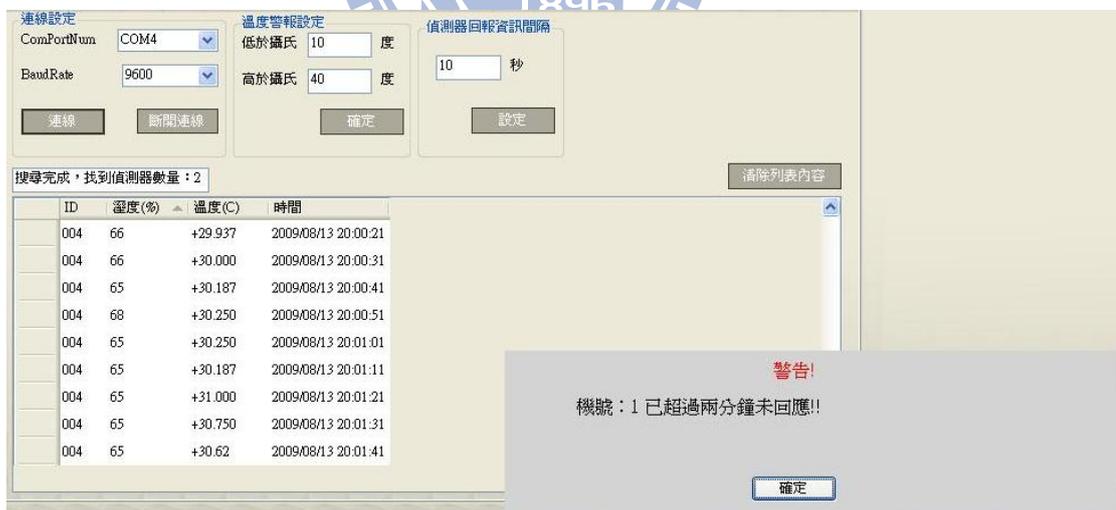


圖 5.24 讀取器無法偵測到電子標籤情況

2. 當 RFID 資訊平台持續抓取不到溫濕度發射接收器所回傳之溫濕度資訊時，如：2 分鐘。也應於當時所在端點資訊平台進行警報，以提醒當時現場處理人員關心溫濕度發射接收器是否發生異常情況，應進行後續的調查與處理。

3. 於運送過程中，冷藏車可能會開過隧道或者山洞等地形，此時 3.5G 無線網卡因受限於地理環境影響無法傳輸，疫苗廠商端主機無法收取疫苗即時溫濕度資料，而這段期間應設置一定的時間長度，例如通常行經山洞隧道約為 5 分鐘車程，我們可以依此設立警告時間的寬容值，若持續收取不到資訊達 5 分鐘，則主機發出警告。若有特殊情況，如行駛雪山隧道等，則應於配送之前即知會物流廠商人員，以避免發生聯絡不上之情況。

表 5.2 各端點資訊平台所需硬體與功能整理

所在端點	疫苗廠商端	車機端	物流廠商端	客戶端
所需硬體	<ul style="list-style-type: none"> ● 主機(Sever) ● HF13.56MHz 電子標籤 (Tag) ● 溫濕度發射接收器 ● AMP 600 讀取器(Reader) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 車機 (Notebook) ● 智慧型冰桶 ● 冰電 ● 溫濕度發射接收器 	<ul style="list-style-type: none"> ● 子電腦 (Client) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 子電腦 (Client) ● 溫濕度發射接收器 ● AMP 600 讀取(Reader)
使用人員	疫苗廠商倉儲人員	物流配送人員 (司機)	物流廠商人員	客戶端倉儲人員
功能	<ul style="list-style-type: none"> ● 註冊疫苗資訊 ● HF13.56MHz 電子標籤註冊 ● 主動式電子標籤註冊 ● 使用者管理 ● 進行訂單的處理 ● 即時溫濕度監控與警告功能 ● 提供查詢溫濕度之功能 	<ul style="list-style-type: none"> ● 即時溫濕度監控之功能 ● 警報功能 ● 封閉期間溫度判定功能 ● 資料庫功能 	<ul style="list-style-type: none"> ● 新增與列印訂單功能 ● 溫濕度查詢之功能 	<ul style="list-style-type: none"> ● 新增訂單 ● 即時溫濕度監控功能 ● 封閉期間溫度判定功能 ● 確認疫苗正確性之功能 ● 溫濕度查詢功能

資料來源：本研究整理

主機資料庫系統會記錄每筆溫濕度資料，並結合各端點資訊平台可供查詢，使用者登入使用者帳號密碼之後，只要輸入日期、時間、哪一張訂單、哪一個主動式電子標籤，則可查詢當次疫苗溫濕度狀況，值得注意的是，本研究所設定之資料庫系統所記錄之溫濕度無法修改，以避免有心人士竄改資訊。

由架設於物流廠商之主機(Sever)與架設於疫苗廠商、客戶端之子電腦(Client)以及車機，透過網際網路與 3.5G 無線網卡的傳輸，來達成資訊共享及資訊透明化。另外 RFID 資訊系統所記錄的溫濕度資料及各項資訊可作為疫苗配送流程來龍去脈的流向證明。當疫苗通過不同運輸端進行核對時，可以了解疫苗於交接前是否發生失效情況，有助於釐清是非對錯。如此一來，不僅容易得知疫苗目前現況，對於傳統疫苗配送所無法判定之責任歸屬問題，於本研究所設計之 RFID 資訊系統亦可輕鬆的判別責任歸屬，減少彼此互相推卸責任之情況。



第六章 討論

本章節首先針對第三章所提出之迴歸預警機制利用範例進行說明；接續討論 RFID 資訊系統導入之效益，但礙於個案配合廠商實際賠償數據乃屬企業機密，因此賠償成本乃透過廠商所給大概金額計算。而本研究則利用每年折舊金額與每年導入 RFID 資訊系統節省之賠償成本進行成本效益比較。

6.1 迴歸預警機制範例

將冰桶放入溫度設定 6°C 的冷藏冰箱一段時間後，接著拿出冰桶，觀察一連續溫濕度記錄如下：樣本組（從冰箱拿出所記錄溫度，每十秒觀測一筆）

6.25, 6.33, 6.41, 6.49, 6.57, 6.65, 6.73, 6.82, 6.91, 7.10, 7.20

在信心水準 95% 下，利用圖 3.1 所敘述迴歸判斷步驟，計算得到截距為 6.127333，斜率為 0.089，迴歸函數為 $y = 6.127333 + 0.089x$ ，其中 y 為溫度， x 為時間點。時間與溫度迴歸線如圖 6.1 所示。

假設配送過程溫度不能超過 8 度，可利用迴歸式 $8 = 6.127333 + 0.089x$ ，經求出 x 約為 21。判斷可能在 110 秒後溫度會到達 8 度。而實際測得之數據亦在 110 秒後到達 8.02 度，顯示此迴歸預警機制確實可幫助使用者了解疫苗溫度變化之趨勢。

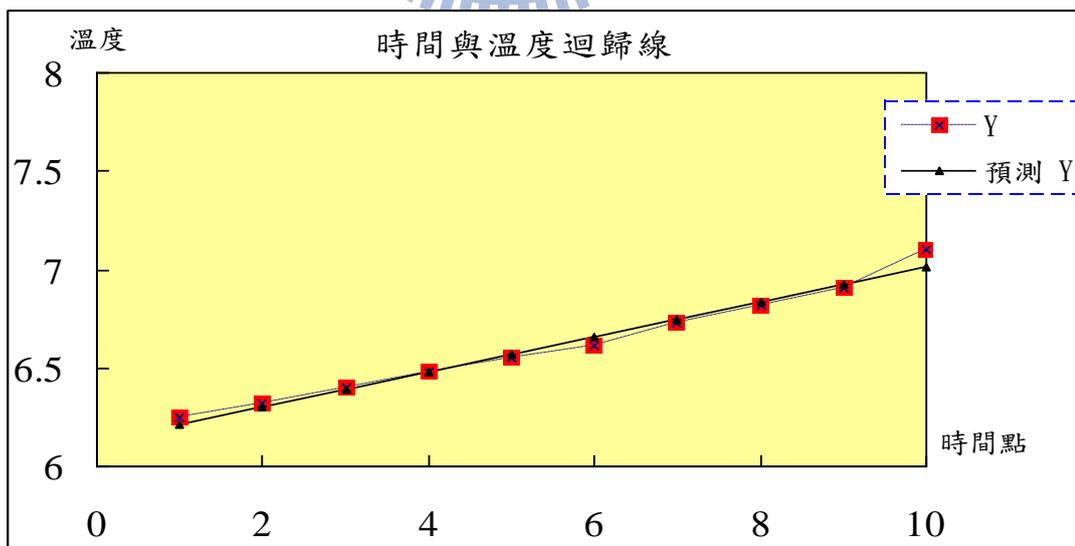


圖 6.1 時間與溫度迴歸線

6.2 成本效益評估

6.2-1 每年折舊成本與每年節省成本之比較

導入 RFID 資訊系統軟硬體成本如表 3.4 所整理，參考一輛冷藏車最多可裝載 20 個冰桶，因此冰桶的購置數量為 20 個；HF13.56MHz 電子標籤購買數量為 $52 * 20 = 1040$ 張(一張 HF13.56MHz 電子標籤對應一個疫苗盒)，HF13.56MHz 電子標籤以 40 元計算。本研究以 20 個冰桶，1040 張電子標籤為考慮單位，加上疫苗廠商、物流廠商、客戶及車機部分，則 RFID 資訊系統所有軟硬體購置成本加總為：

主機(\$35,000) + 車機(\$35,000) + 子電腦*2 ($\$25,000 * 2 = \$50,000$) + HF13.56MHz 電子標籤*40($\$40 * 1,040 = \$41,600$) + 智慧型冰桶($\$8,000 * 20 = \$160,000$) + AMP 600 Reader*2 ($\$15,000 * 2 = \$30,000$) + 溫濕度發射接收器*3 ($\$6,000 * 3 = \$18,000$) + 疫苗廠商端軟體成本(\$100,000) + 物流廠商端軟體(\$35,000) + 車機端軟體(\$35,000) + 客戶端軟體(\$35,000) = \$574,600。

將上述計算所得之 RFID 資訊系統導入成本利用式(3.10)攤銷成每年折舊成本，與每年因導入 RFID 而節省之成本進行效益分析。RFID 設備於實務上應用，大部分皆可使用七年至十年，以下將折舊年限分成不同情境進行討論。

情境 1: 由 3.3 節所假設之情況(一輛冷藏車裝載 20 個智慧型冰桶，1040 張 HF 13.56MHz Tag)，可求得一輛車搭配所有 RFID 資訊系統，最高的固定成本為 \$574,600。假設 RFID 資訊系統軟硬體只可使用五年，則每年之折舊成本為 $\$574,600 / 5 = \$114,920$ 。

求得 RFID 每年折舊成本後，與每年疫苗可能賠償金額進行比較，並考慮導入 RFID 資訊系統疫苗可能預防發生失誤機率之觀念，利用圖 6.1 表示。

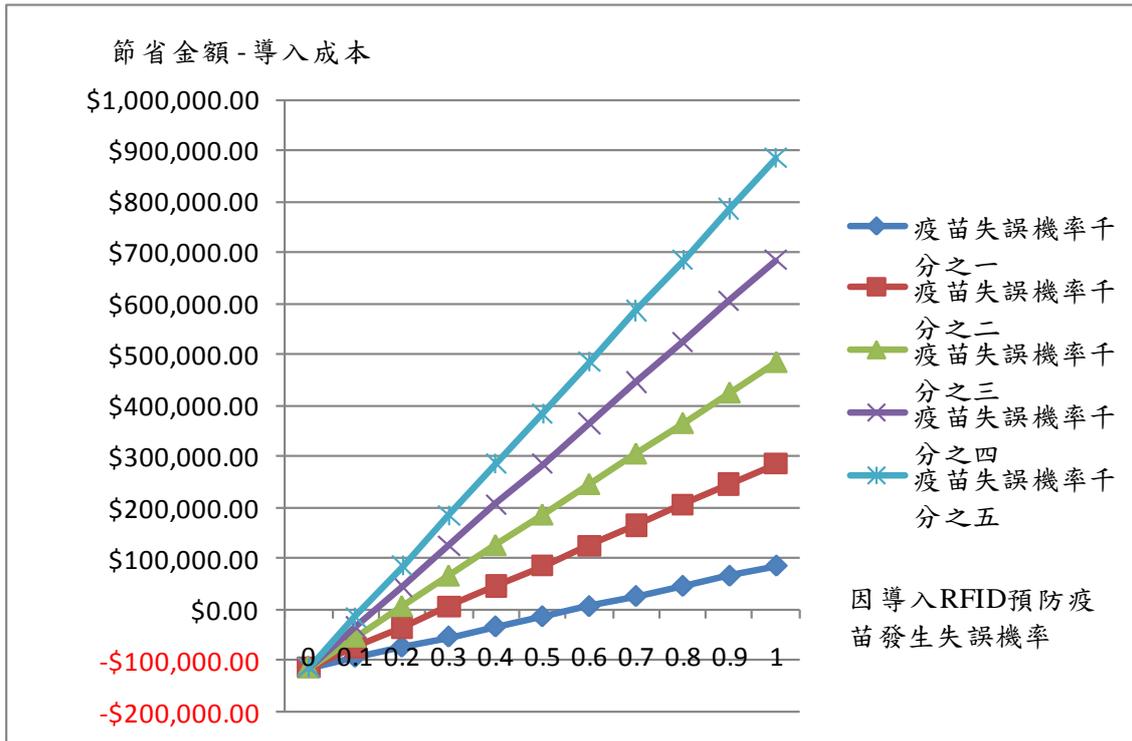


圖 6.1 成本效益圖(可折舊 5 年)

圖 6.1 考慮 RFID 資訊系統可折舊 5 年，每年之折舊成本為 \$114,920，與因導入 RFID 資訊系統每年期望節省成本比較，當疫苗發生失誤機率為千分之一時，每年的疫苗賠償金額約為 20 萬，當因導入 RFID 預防疫苗發生失誤機率達到 57% 左右即達到導入 RFID 資訊系統之效益。若疫苗發生失誤之機率分別為千分之二、千分之三、千分之四、千分之五時，每年的疫苗賠償金額增至 40、60、80、100 萬，隨著疫苗失誤機率之增高，導入 RFID 資訊系統其效益更為顯著。

情境 2：假設 RFID 資訊系統軟硬體可使用 7 年，每年之折舊成本為 \$82,085，與因導入 RFID 資訊系統所節省之成本比較。當疫苗發生失誤機率為千分之一時，因導入 RFID 資訊系統預防疫苗發生失誤機率到達 41% 左右，即有導入 RFID 資訊系統之效益，隨著疫苗賠償金額越高時，導入 RFID 資訊系統越有效益，如圖 6.2 所示。

情境 3：假設 RFID 資訊系統軟硬體可使用 8 年，每年之折舊成本為 \$71,825，與因導入 RFID 資訊系統所節省之成本比較，當疫苗發生失誤機率為千分之一時，因導入 RFID 資訊系統預防疫苗發生失誤機率到達 35% 左右，即有導入 RFID 資訊系統之效益，如圖 6.3 所示。

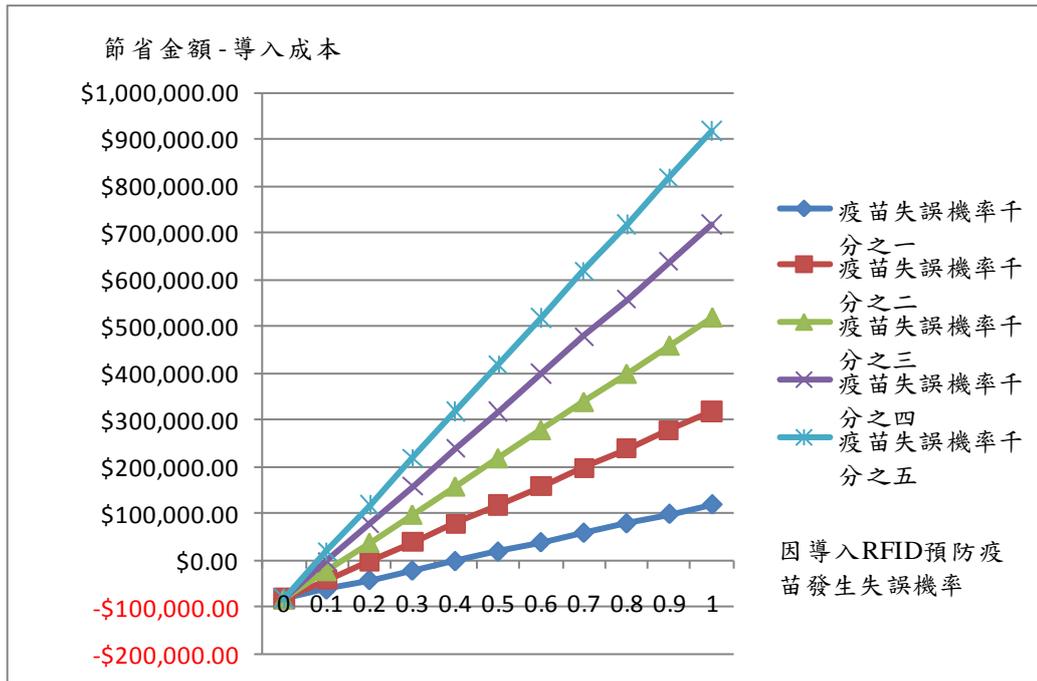


圖 6.2 成本效益圖(可折舊 7 年)

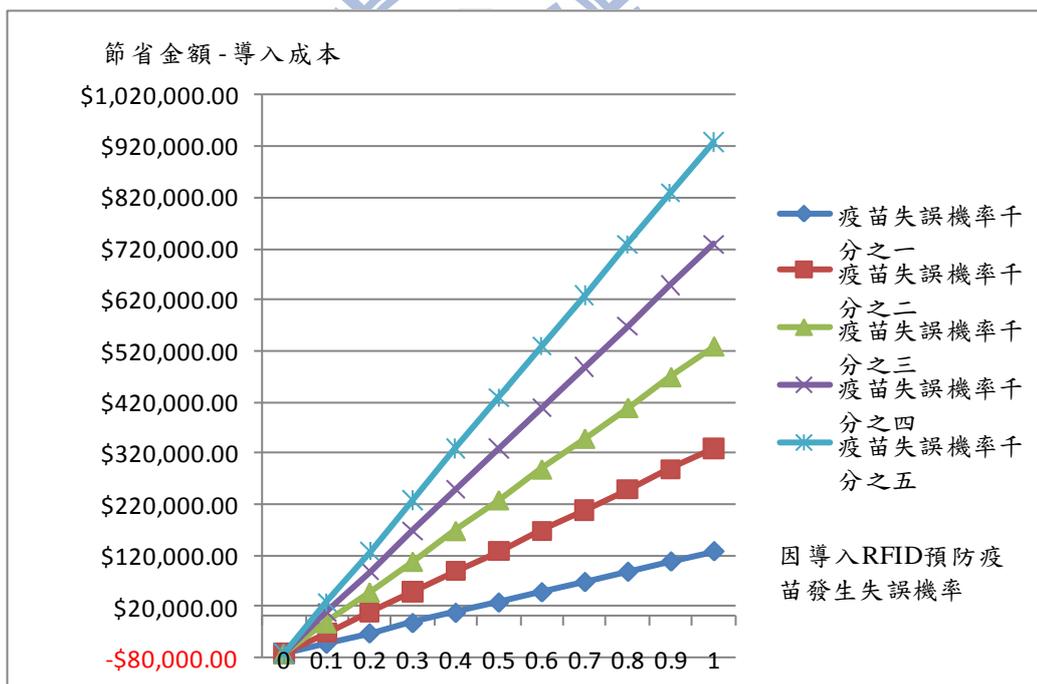


圖 6.3 成本效益圖(可折舊 8 年)

情境 4：假設 RFID 資訊系統軟硬體可使用 9 年，每年之折舊成本為\$ 63,844，與因導入 RFID 資訊系統所節省之成本比較，當疫苗發生失誤機率為千分之一時，因導入 RFID 資訊系統預防疫苗發生失誤機率到達 33% 左右，即有導入 RFID 資訊系統之效益，如圖 6.4 所示。

情境 5：假設 RFID 資訊系統軟硬體可使用 10 年，每年之折舊成本為\$ 57,460，與因導入 RFID 資訊系統所節省之成本比較，當疫苗發生失誤機率為千分之一時，因導入 RFID 資訊系統預防疫苗發生失誤機率到達 29%左右，即有導入 RFID 資訊系統之效益如圖 6.5 所示。

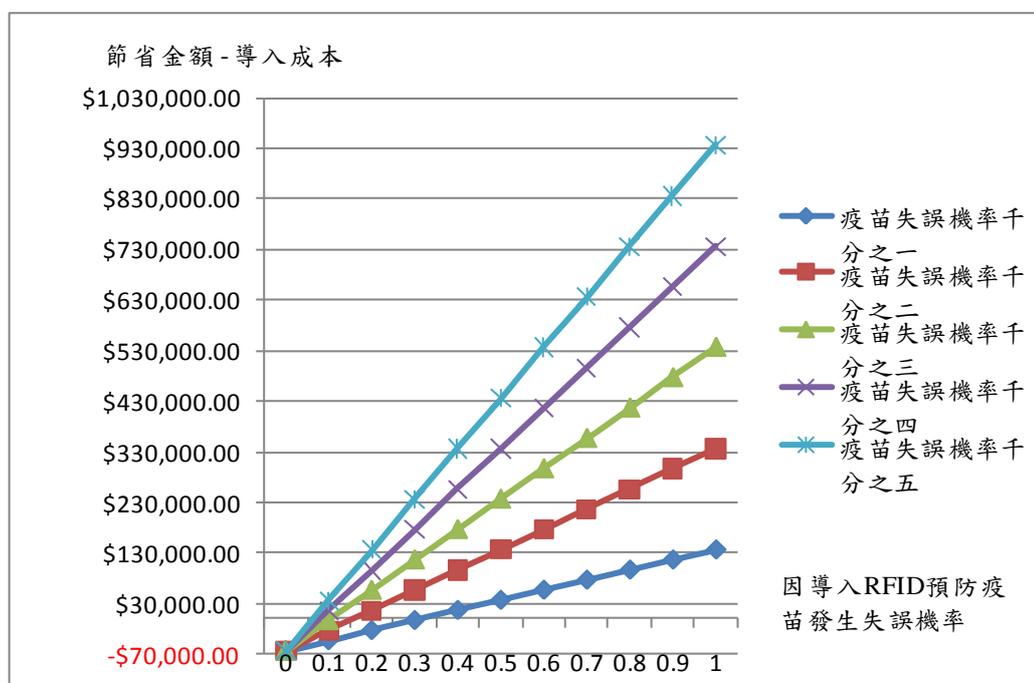


圖 6.4 成本效益圖(可折舊 9 年)

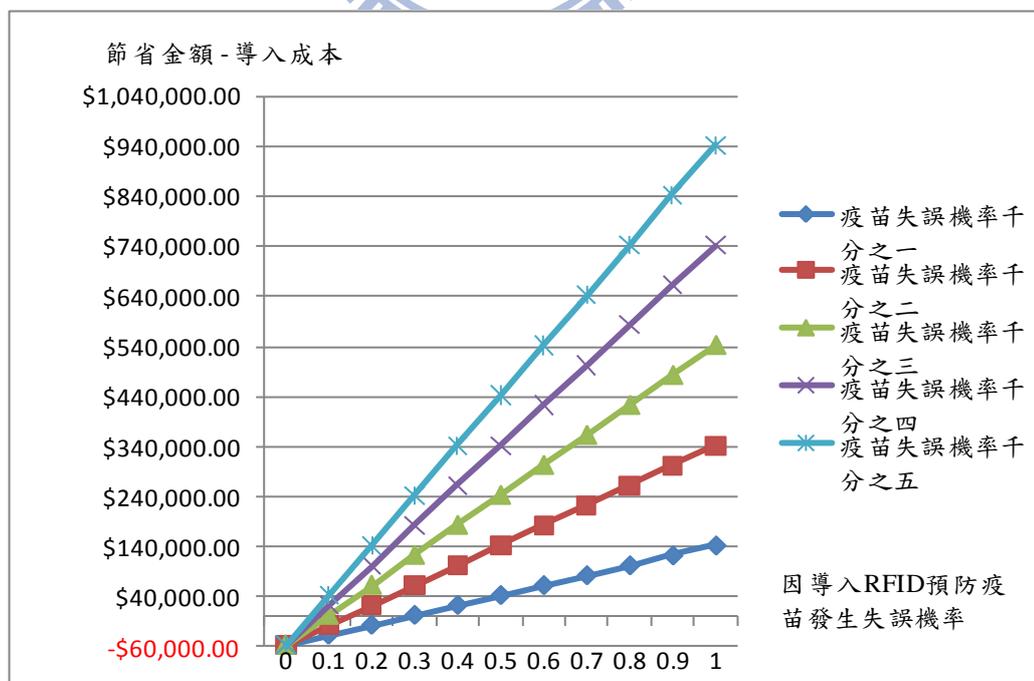


圖 6.5 成本效益圖(可折舊 10 年)

綜合上述情境討論，目前假設為疫苗廠商、物流廠商、客戶端以及一輛冷藏車導入 RFID 資訊系統之最高成本，而討論之折舊年限為 5, 7, 8, 9, 10 年，與實際生活考慮 RFID 可使用年限 7~10 年相同。討論結果顯示，當疫苗於配送過程中發生失誤機率為千分之一時，折舊五年、七年、八年、九年、十年，其導入 RFID 預防疫苗發生失誤機率分別達到 57%、41%、35%、33%、29% 即有導入 RFID 資訊系統之效益，當配送過程發生失誤之機率愈高時，導入 RFID 資訊系統效益更大。另外隨著折舊年限的增加，導入 RFID 資訊系統越有其效益。

本研究透過 RFID 資訊系統給予使用者即時警報，經詢問廠商主管若導入 RFID 資訊系統可能減少疫苗發生失誤率，主管認為於正常情況下，應可減免失誤機率达 0.5 以上。整理上述所討論之情境 1、2、3、4、5，僅有在折舊 5 年與賠償 20 萬之情況下，導入 RFID 資訊系統才會虧損。其他情形的節省之成本皆會大於導入 RFID 資訊系統之折舊成本。由此可見，導入 RFID 資訊系統的成本效益是相當顯著。



第七章 結論與建議

本研究針對現行疫苗配送流程進行企業流程再造(Business Process Reengineering, BPR)手法，並運用失效模式與效應分析手法(Failure mode and effects analysis, FMEA)找到現行疫苗配送流程中可能產生之失誤失效模式，針對上述可能產生之失誤失效模式推估一合理化疫苗配送(SOP)流程，並導入 RFID 資訊系統達到流程優化之目的，解決現行配送流程可能產生之缺失。

針對資訊平台與 RFID 資訊系統之操作本研究建立一套標準操作程序，可幫助使用者於未來導入此套資訊系統提供操作的參考，並且清楚釐清資訊流與物流之流動方向，可幫助使用者了解疫苗配送流程所經歷的各項作業方式與資訊傳遞。

本研究所開發出的各端點資訊平台：

1. 客戶端資訊平台之建立，可提供客戶進行下訂單與查詢訂單動作，並具備溫濕度警報之功能。其中查詢訂單之功能，提供客戶端倉儲人員於疫苗簽收時相當大的助益，當司機抵達客戶端，客戶端倉儲人員僅需連線到主機資料庫平台，即可進行冰桶溫濕度之查詢，作為簽收之參考依據。
2. 車機端資訊平台之建立，可幫助司機了解疫苗即時溫濕度狀況，當溫度高或低於設定之溫度上下限，警報功能可適時提醒司機疫苗可能有溫度異常之情況，幫助司機進行處理。另外迴歸預警功能，利用資料庫所儲存的溫度資料建立迴歸線，可用於預測疫苗多久後可能發生溫度異常情況，並即時顯示於資訊平台。而簡訊及電子郵件之傳送，可警告物流廠商人員目前疫苗可能處於溫濕度異常情況，物流廠商人員可即時協助司機進行緊急相關處理。
3. 物流廠商人員亦可透過物流廠商端資訊平台隨時查詢疫苗溫濕度情況，隨時掌握疫苗之溫濕度情況。
4. 疫苗廠商端資訊平台所建立的資料庫系統，更為疫苗資訊流通之關鍵，於配送流程中各端點所記錄之溫濕度皆傳送到主機資料庫進行儲存。若日後疫苗發生失效情況時，資料庫所記錄之溫濕度記錄資料即可作為判斷之依據，於責任歸屬判定提供相當大的助益。

本研究結果顯示 RFID 資訊系統的建立確實有其必要性，透過即時性監控溫濕度功能，讓使用者可以隨時掌握疫苗溫濕度狀況，相對於現行疫苗配送流程，於配送過程中發生任何情況無法得知，若不幸發生疫苗溫度異常情況，也通常僅能於事後察覺，因此建立

一套溫濕度監控機制，符合事前防範優於事後察覺之理念，而警報功能之設計可提早警報使用者疫苗將可能進入異常狀態，使用者可提前進行緊急處理，避免疫苗發生失效情況，其節省之成本甚為可觀。

本研究更進一步比較導入 RFID 前後之成本比較，其結果顯示，RFID 資訊系統的導入，可給予使用者提前警報，以幫助使用者可以進行即時之處理，若因此避免疫苗發生失誤情況，其產生之效益與導入 RFID 之軟硬體成本比較，更顯得相當有助益。

從社會安全的角色來看，RFID 資訊系統的建立，可有效掌握疫苗於配送流程中的溫濕度變化情況，相較於現行疫苗配送流程缺乏通透度之情況，可避免業者因懼怕龐大的賠償成本於隱瞞疫苗失效事實。若不幸的失效疫苗進入醫療體系，使急需使用疫苗的人注射這些失效疫苗，因而導致其身體健康出現異常狀況，其產生之社會成本難以估計，且要追蹤這些失效疫苗的流向與注射這些失效疫苗的病相當困難。因此導入 RFID 資訊系統掌握疫苗配送過程中的通透度，即可避免疫苗使用者因此誤用失效疫苗而產生之社會安全問題。

而本研究針對目前完成之結果，提出下面幾點建議：

1. 因目前配合物流廠商之冷藏車未裝設全球衛星導航系統(Global Positioning System, GPS)，若冷藏車上有搭載 GPS 系統，則物流廠商人員亦可藉助地理資訊系統(Geographic Information Systems, GIS)指引司機最近的空調修理廠，或者最近的區域派遣中心進行卸下疫苗至冷藏倉庫或替換冷藏車之處理。
2. 本研究乃針對疫苗配送流程進行探討，並建立一套合理化疫苗配送流程，利用 RFID 資訊系統即時監控與掌握配送時之溫濕度狀況。而未來建議可轉移至其他對溫濕度敏感之商品或物品。如：對溫濕度敏感之藥劑、器官等。
3. 本研究目前是透過 3.5G 無線網卡進行測試，建議未來可對全球行動通訊系統 (Global System for Mobile Communications, GSM) 或整合封包無線電服務(General Packet Radio Service, GPRS)進行測試，GSM 相較於 3.5G 更為普遍，若能結合手機，其方便性更高；GPRS 則有價格低廉之優點。
4. 本研究的成本效益評估，礙於企業機密問題，無法取得配合廠商實際歷年賠償之疫苗成本，僅得知大概金額，實屬本研究遺憾，建議未來可針對成本效益評估進行精確計算。

5. 目前所開發之 RFID 資訊系統，當溫濕度發射接收器無法偵測到主動式電子標籤情況發生時，會自動記錄溫濕度之主動式電子標籤目前已測試完成，為了克服封閉期間可能產生之資料不通透情況，智慧型冰桶之面版上會顯示溫濕度資訊。本研究因目前成本考量無法加裝警報設備或蜂鳴器於智慧型冰桶上，建議未來可針對智慧型冰桶上的面板或警報功能更進一步研究。



參考文獻

- [1] Alan P. Kendal., Robert Snyder and Paul J.G., “Validation of cold chain procedures suitable for distribution of vaccines public health programs in the USA,” *Vaccine*, Vol. 15, No. 12/13, pp. 1459-1465. 1997.
- [2] Abad, E., Zampolli, S., Marco, S., Scorzoni, A., Mazzolai, B., Juarros, A., Gomez, D., Elmi, I., Cardinali, G.C., Gomez, J.M., Palacio, F., Cicioni, M., Mondini, A., Becker, Th. and Sayhan, I., “Flexible tag microlab development: gas sensors integration in RFID flexible tags for food logistic,” *Sensors and Actuators B (Chemical)* , vol.127 (1), pp. 2–7. 2007.
- [3] Almannai, B., Greenough, R. and Kay, J., “A decision support tool based on QFD and FMEA for the selection of manufacturing automation technologies,” *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol. 24, pp. 501–507, 2008.
- [4] Alp, U. and Mehmet, T., “The impacts of Radio Frequency Identification (RFID) technology on supply chain costs,” *Transportation Research Part E* 45, pp.29–38, 2009.
- [5] Burgess, M.A. and McIntyre, P.B., “Vaccines and the cold chain: is it too hot...or too cold?” *Med J Aust.*, 1999.
- [6] Borriello, G., Brunette, W., Hall, M., Hartung, C. and Tangney, C., Reminding about tagged objects using passive RFIDs,” *Ubicomp*, pp.36–53,2004.
- [7] Capunzo, M., Cavallo, P., Boccia, G., Brunetti, L. and Pizzuti, S., “A FMEA clinical laboratory case study: how to make problems and improvements measurable,” *Clinical leadership & management review : the journal of CLMA*, vol. Jan-Feb, pp.37-41, 2004.
- [8] Dipika M. Matthias., Joanie Robertson., Michelle M. Garrison., Sophie Newland., Carib Nelson., “Freezing temperatures in the vaccine cold chain: A systematic literature review,” *Vaccine* 25, pp.3980–3986, 2007.
- [9] Dittmann, L., Rademacher, T. and Zelewski, S., “Performing FMEA using ontologies,”

- The 18th international workshop on qualitative reasoning,” Northwestern University, Evanston, Illinois, USA, August 2–4, 2004.
- [10] Gras, D., “RFID based monitoring of the coldchain,” In: Kreyenschmidt, J., Petersen, B. (Eds.), Cold Chain-Management, Proceedings of the 2nd international Workshop Cold Chain Management. University Bonn, pp. 81–82, May 8–9,2006,.
- [11] Hammer, M. and James C., “Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution,” Harper Business Essentials, 1993.
- [12] Hallwirth, V. and Alexandra K., “Impact of RFID on supply chain management,” University of Vienna, 2004.
- [13] Hassan A., Siadat A., Dantan J-Y. and Martin P., “Quality improvement through QFD/ FMEA information model.” In: Proceedings of 6th CIRP ICME, Naples, Italy, July 23–25, 2008.
- [14] Jedermann, R. and Lang, W., “Semi-passive RFID and beyond: steps towards automated quality tracing in the food chain,” International Journal of Radio Frequency Identification Technology and Applications 2 (3), pp.247–259.
- [15] Khan, M.R., Rotab, “Business process reengineering of an air cargo handling process,” International Journal of Production Economics, Vol.63, Issue 51 ,pp. 99-108, January 2000.
- [16] Kambil, A. and Jeffrey D. Books, “Auto-ID Across the value chain: from dramatic potential to greater efficiency & profit,” Auto-ID Center technology paper, 2002.
- [17] Korayem, M.H. and Iravani, A., “Improvement of 3P and 6R mechanical robots reliability and quality applying FMEA and QFD approaches,” Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, vol.24, pp.472–87. 2008.
- [18] Zhou Y-H., “Study on Business Process Reengineering for Chinese Traditional Logistics Enterprises,” Chinese Business Review, Department of Traffic Engineering, Huaiyin Institute of Technology, China, 2007.

- [19] McMeekin, T., Smale, N., Jenson, I. and Tanner, D., “Microbial growth models and temperature monitoring technologies,” In: Kreyenschmidt, J., Petersen, B. (Eds.), Cold Chain-Management, Proceedings of the 2nd international Workshop Cold Chain Management. University Bonn, pp. 71–78, May 8–9,2006.
- [20] Nelson, CM., Wibisono, H., Purwanto, H., Mansyur, I., Moniaga, V. and Widjaya, A., “Hepatitis B vaccine freezing in the Indonesian cold chain: evidence and solutions,” Bull World Health Organ, vol.82(2), pp.99–105,2004.
- [21] Ogasawara, A. and Yamasaki, K., “A temperature-managed traceability system using RFID tags with embedded temperature sensors,” NEC Technical Journal 1(2), pp.82–86, 2006.
- [22] Piramuthu, S., Protocols for RFID tag/reader authentication, Decision Support Systems, vol.43 (3), pp.897–914, 2007.
- [23] Rhee S. and Ishii K., “Using cost based FMEA to enhance reliability and serviceability.” Advanced Engineering Information, vol.17, pp.179–88, 2003.
- [24] Rekik, Y., Sahin, E. and Dallery, Y., “Analysis of the impact of the RFID technology on reducing product misplacement errors at retail stores,” International Journal of Production Economics, vol.112, pp. 264–278, 2007.
- [25] WHO. Study protocol for temperature monitoring in the vaccine cold chain. Geneva: WHO; 2005. WHO/IVB/05.01.
- [26] WHO. Guidelines on the international packaging and shipping of vaccines. Geneva: WHO; 2005.
- [27] Wawryk, A., Mavromatis, C. and Gold, M., Electronic monitoring of vaccine cold chain in a metropolitan area. BMJ 1997;315:518.
- [28] 謝忠和，「運用模擬於急診作業流程之改善-以某區域醫院為例」，國立台灣大學醫療機構管理研究所碩士論文，1999。
- [29] 林宏榮，「病患安全風險因素之研究—以台灣大型醫院急診部為例」，國立成功大

- 學企業管理學系碩士論文，2002。
- [30] 林淑娟，「運用失效模式與效應分析於手術流程之病人安全評估-以中部某區域教學醫院為例」，中國醫藥大學醫務管理研究所碩士論文，2004。
- [31] 李岳縉，「應用 RFID 於醫療院所之分析與系統規劃」，國立中正大學醫療資訊管理研究所碩士論文，2005。
- [32] 陳永興，「建構 RFID 監控技術應用在物流中心之風險分析」，國立高雄第一科技大學運輸與倉儲營運中心碩士論文，2004。
- [33] 林慧欣，「門診藥局運用流程再造之概念於縮短候藥時間之研究」，東海大學企業管理學系碩士論文，2005。
- [34] 楊錦洲、陳建誠、陳百盛，「建立醫藥物流作業流程 FMEA 模式」，第十二屆全國品質管理研討會，2006。
- [35] 蘇育生，「RFID 技術導入國軍地區後勤支援管理之關鍵成功因素研究」，國防大學管理學院後勤管理研究所碩士論文，2007。
- [36] 何俊達，「導入 RFID 及 SENSORS 於醫療資訊系統之研究」，國防大學管理學院國防資訊研究所碩士論文，2007。
- [37] 陳湘珠，「手術室專科衛材管理流程再造之研究：以某公立醫學中心泌尿外科手術室為例」，東海大學醫務工程與管理碩士在職專班碩士論文，2008。
- [38] 曾耀群，「應用醫療照護之失效模式與效應分析於醫療流程之改善」，國立清華大學工業工程與工程管理學系碩士論文，2008。
- [39] 黃宗信，「新竹貨運導入 RFID 作業流程應用之研究」，銘傳大學管理學院高階經理碩士學程，2008。
- [40] 蔡維仁，「失效分析方法於醫療院所後勤管理之應用—以中部某醫學中心中央監控系統為例」，大葉大學工業工程與科技管理學系碩士在職專班碩士論文，2008。
- [41] 陳偉民，「科技研發的實例-以 RFID 無線射頻辨識系統為例」，國立臺灣師範大學工業科技教育系碩士論文，2009。
- [42] 衛生署疾管局，< <http://www.cdc.gov.tw/mp.asp?mp=1> >

[43] 中華民國財政部關稅總局，

< <http://web.customs.gov.tw/statistic/statistic/yerstatistic.asp> >

[44] 經濟部工業局，「2006生技產業白皮書」，2006。

[45] 小野寺勝重，張書文譯，「實踐 FMEA 手法」，中衛發展中心，2001。



附錄一

實際測試與 RFID 資訊系統改善

本章節將實際測試 RFID 資訊系統之應用，依據本研究所推估之合理化疫苗配送流程介紹各端點資訊平台操作順序與各項功能，最後針對 RFID 資訊系統未來發展性進行討論。

1. 實驗前置動作

此次實驗地點於交通大學綜合一館 1001(B)研究生實驗室進行，利用型號：Acer Aspire M5810 此台電腦作為主機使用。型號 HP Cmpaq dx2310 MT 作為物流廠商端子電腦使用；型號 HP Pavilion A6680 TW 作為客戶端子電腦使用；車機利用型號 Acer Aspire 4920G 筆記型電腦代替。利用遠傳 3.5G 無線網卡與學校網際網路傳遞溫濕度資訊。一般冷藏冰箱模擬冷藏車冰櫃使用，此次溫度設定為 6°C。

1.1 疫苗廠商端資訊平台前置動作

於實驗進行前，必須於疫苗廠商端資訊平台進行基本資料維護，設定疫苗廠商、物流廠商、客戶的使用者帳號密碼、廠商地址、聯絡方式、電子郵件等，如圖 1 所示。

各端基本資料設定完畢，疫苗廠商登入使用者帳號密碼，進入疫苗廠商端資訊平台，輸入所要販售資訊，包含有哪些疫苗種類、疫苗的品名與規格、疫苗的批號、疫苗的單價、疫苗的有效期限，以及疫苗的功用等，如圖 2 所示。

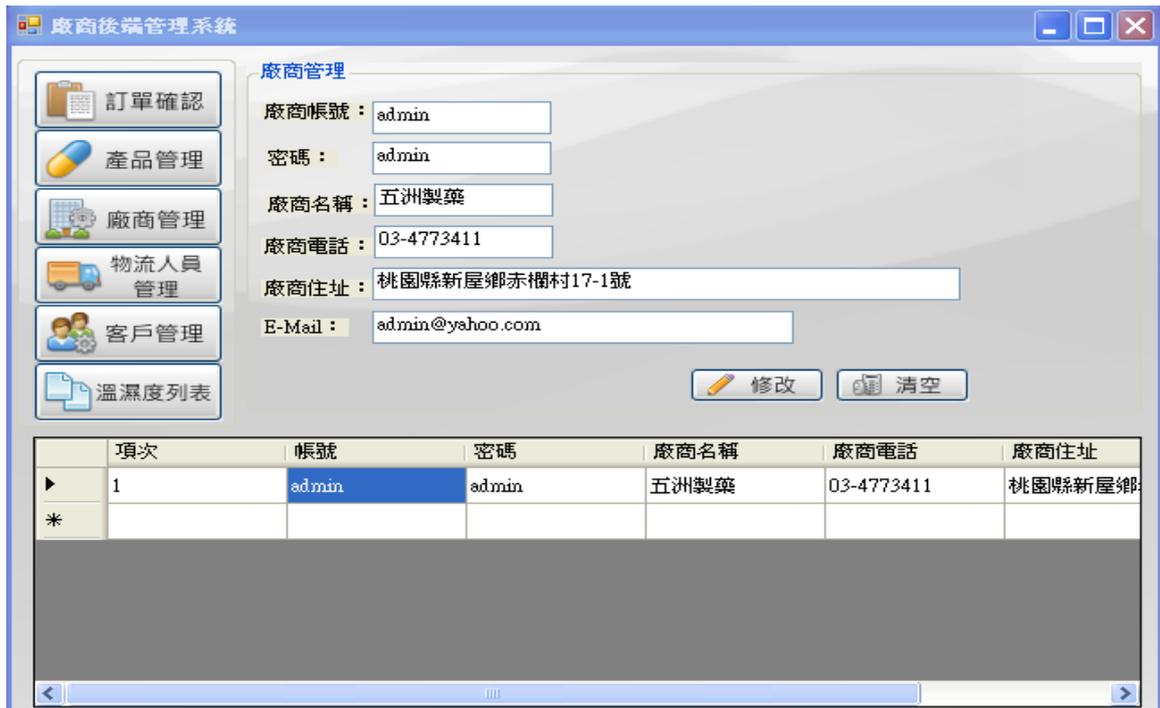


圖 1 疫苗廠商基本資料維護(1/3)

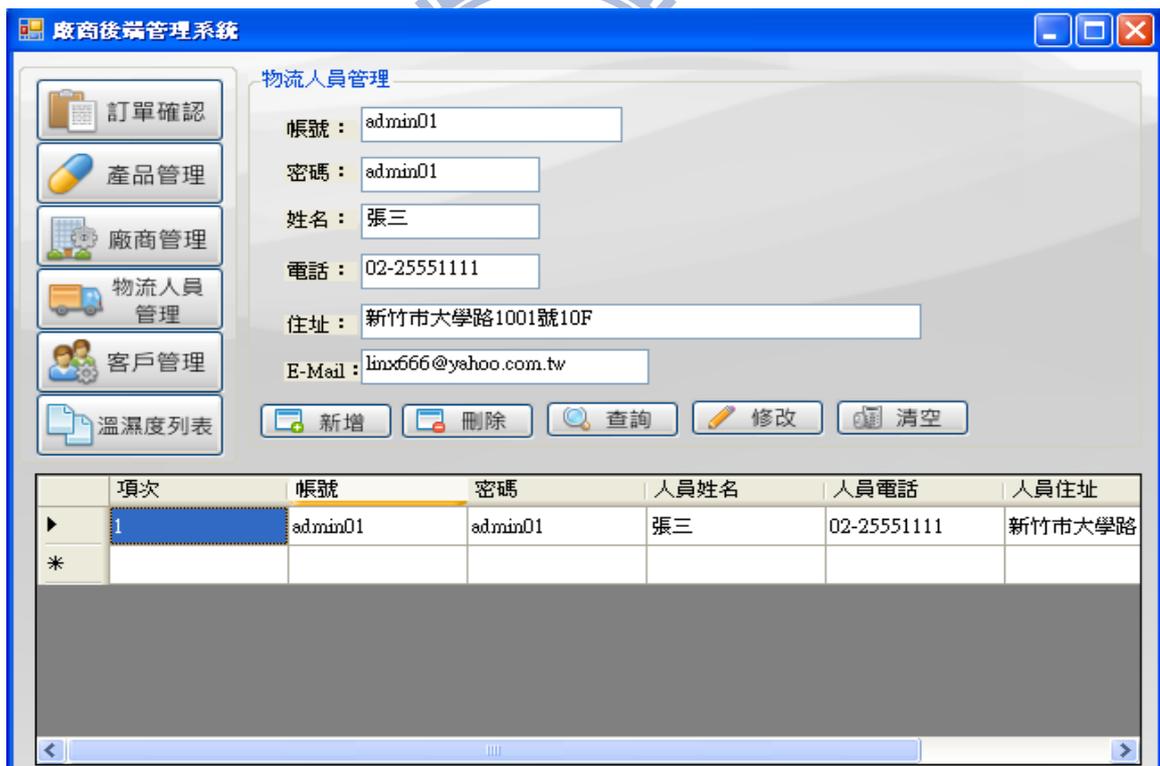


圖 1 物流廠商基本資料維護(2/3)

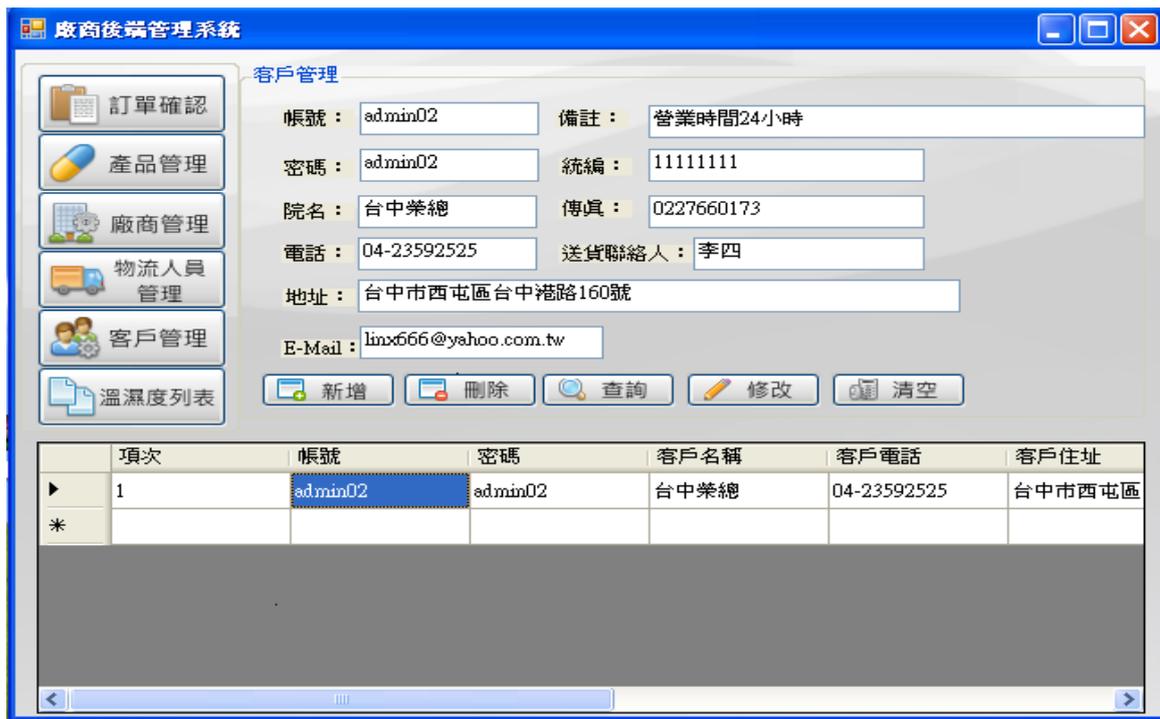


圖 1 客戶基本資料維護(3/3)



圖 2 疫苗註冊介面

1.2 車機端資訊平台前置動作

於車機端資訊平台，必須於偵測器管理這邊設定接受警報的號碼與電子郵件，如圖 3 所示，當 Tag001 所偵測之溫度高於設定之溫度上限或溫度低於設定之溫度下限，則發送簡訊至所設定的號碼與電子郵件。

而警報傳送設定則輸入要發送電子郵件的信箱帳號與密碼，當異常情況發生時，簡訊則由所設定之傳送方電子郵件寄出警報信件，如圖 4 所示。

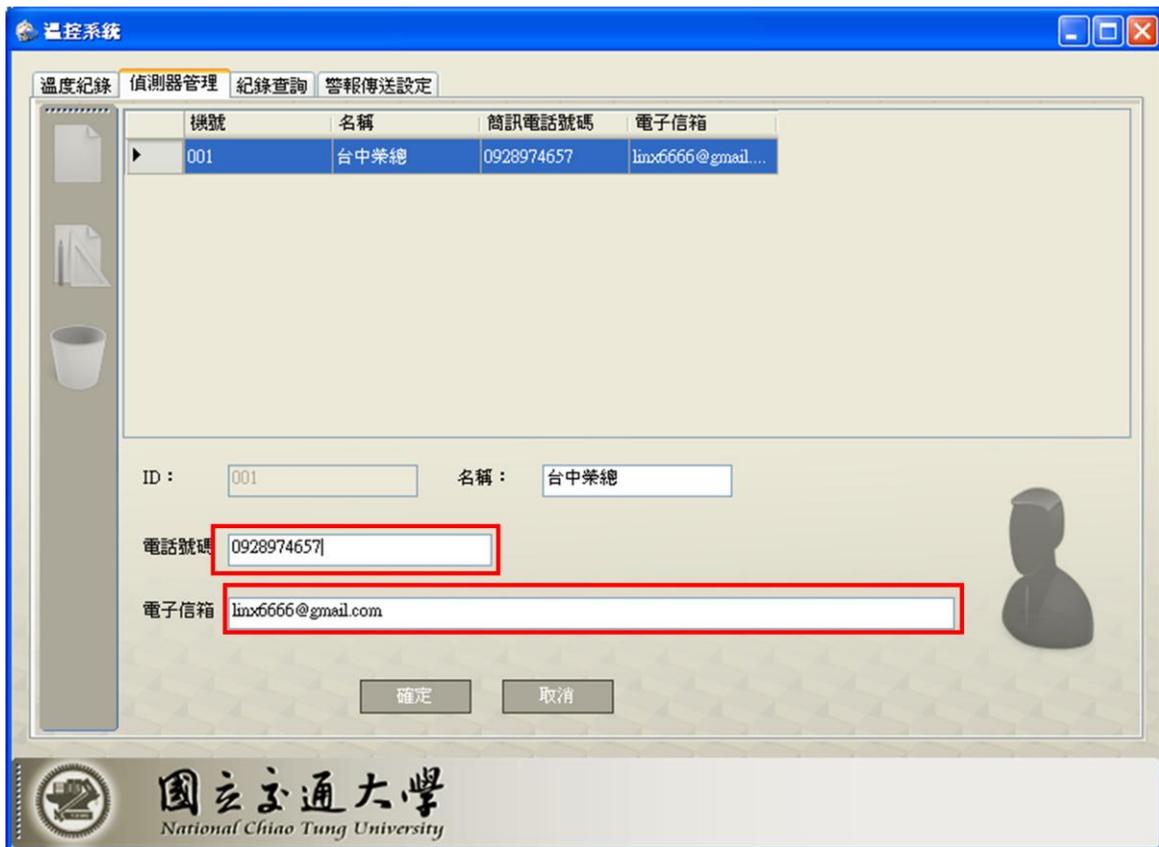


圖 3 設定接受警報的電話號碼與電子信箱

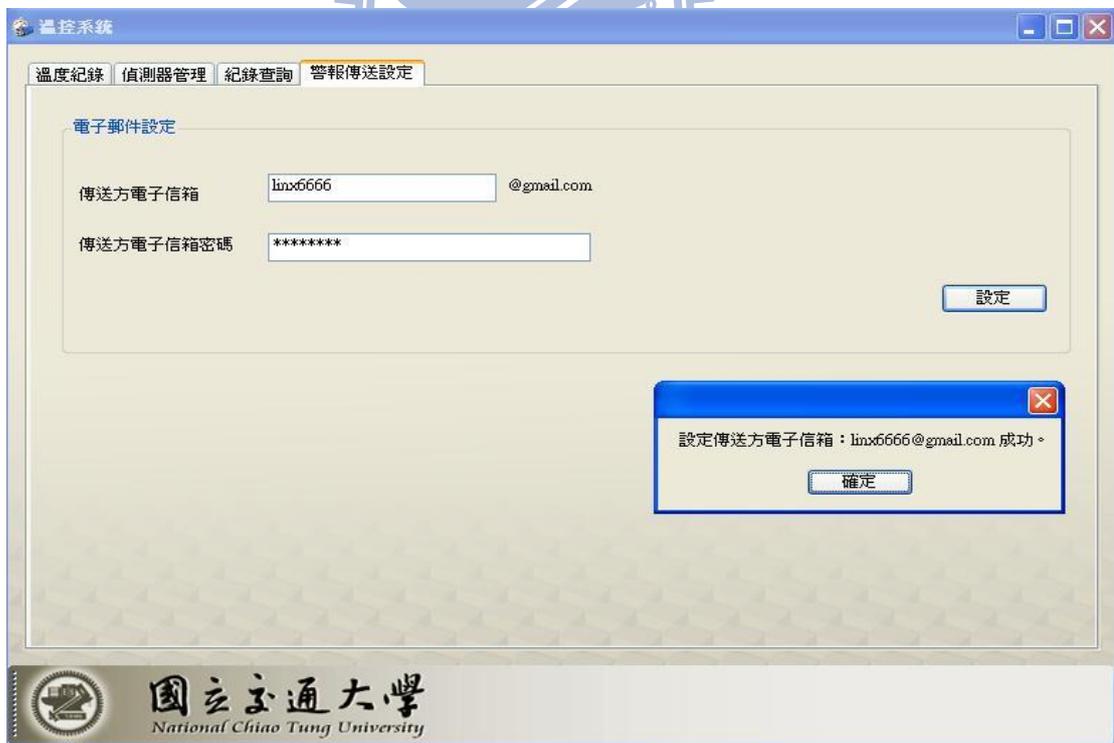


圖 4 設定傳送方電子信箱

2.進行實際測試

- ▶ Step1：客戶端倉管利用客戶端資訊平台連線到主機資料庫輸入使用者帳號密碼(於前置作業已設定帳號密碼)，如圖 5 所示。

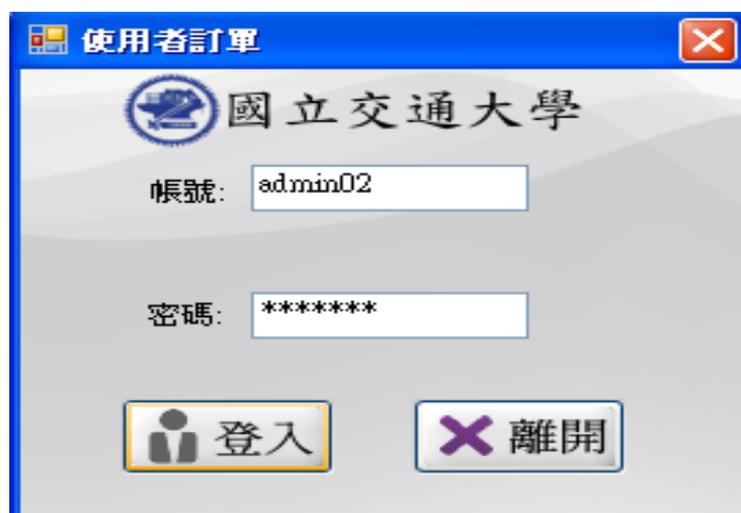


圖 5 客戶登入使用者帳號密碼

- ▶ Step2：點選新增訂單選項
點選新增訂單選項可連接到使用者新增訂單介面，可選擇要購買之疫苗品項；訂單查詢選項於疫苗抵達客戶端，客戶端倉儲人員用於檢測疫苗配送流程溫濕度記錄使用，如圖 6 所示。



圖 6 客戶端功能選項

- Step3：進入客戶新增訂單介面，客戶由左邊疫苗加入選項，選擇要購買的疫苗品名與規格，並填上所購買數量，接著點選加入鍵，如圖 7 所示。加上所有要購買疫苗後，點選發送訂單，此張訂單發送至疫苗廠商，如圖 8 所示。



圖 7 客戶新增訂單介面



圖 8 訂單確認發送至疫苗廠商

- ▶ Step4：廠商端收到訂單畫面(未確認)，如圖 9 所示。接著廠商評估是否接受訂單，若接受訂單(於訂單欄點選滑鼠右鍵可選擇是否接受訂單)，則訂單狀態變成已確認，如圖 10 所示。



圖 9 疫苗廠商評估是否接受訂單



圖 10 疫苗廠商接受此張訂單

- ▶ Step5: 疫苗廠商通知物流廠商配送此張訂單，物流廠商輸入使用者帳密登入物流廠商端資訊平台，如圖 11。



圖 11 物流廠商輸入使用者帳密

- ▶ Step6: 物流廠商新增並列印出貨單(出貨單由訂單資料與廠商、客戶基本資料組成)，如圖 12 所示，列印出之出貨單如圖 13 所示。列印完成，則訂單狀態變成運送中，廠商端資訊平台訂單狀態顯示運送中，如圖 14 所示。



圖 12 物流廠商新增並列印出貨單

五洲製藥

出 貨 單

出貨單號：100610170534 (1/1) 出貨日期：10/06/10
 客戶名稱：台中榮總 聯絡電話：04-23592525
 聯絡人：李四 傳真電話：0227660173
 送貨地址：台中市西屯區台中港路160號 E m a i l：linx666@yahoo.com.tw
 統一編號：11111111
 備註：營業時間24小時

冰桶編號	產品名稱	數量	單位	單價	金額
001	肺結核疫苗	5	組	1200	6000
001	H1N1疫苗	5	組	1200	6000
001	A型流感疫苗	5	組	1500	7500
001	B型流感疫苗	5	組	1300	6500
小計：26000		稅金：1300	合計：27300		

第一聯廠商自存 第二聯客戶留存

倉管：_____ 司機：_____ 客戶簽收：_____

註一：煩請確認無誤後並簽收，謝謝合作！

圖 13 出貨單

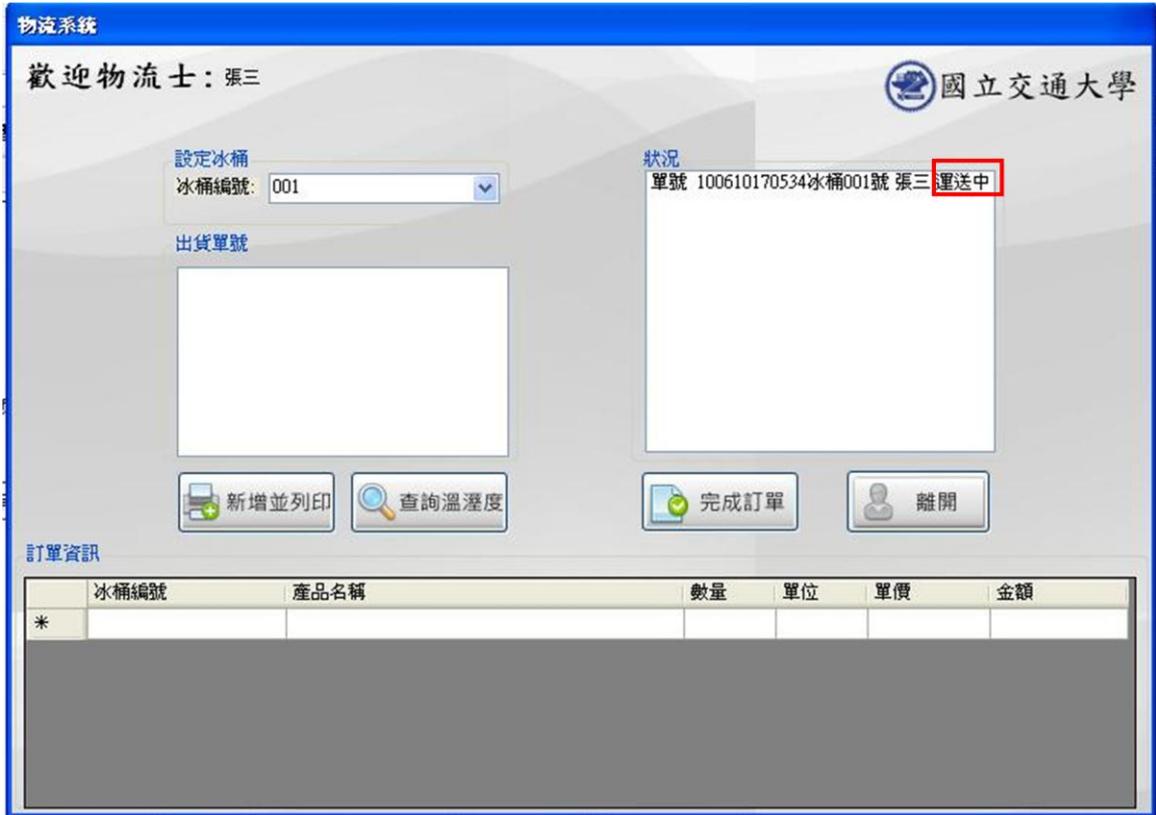


圖 14：物流廠商資訊平台訂單顯示運送中(1/2)



圖 14：疫苗廠商資訊平台訂單顯示運送中(2/2)

- Step7：接著司機進行配送動作。當溫濕度發射接收器讀取主動式電子標籤資訊，會於資訊平台上即時顯示所偵測到的溫濕度，並將這些溫濕度記錄資訊透過 3.5G 無線網卡傳回疫苗廠商資料庫系統。於溫度記錄介面，使用者可以設定溫度上限及溫度下限，與溫濕度收取間隔時間，如圖 15 所示。

當溫度高於設定之溫度上限，或溫度低於設定之溫度下限系統給予警報，並傳遞簡訊及電子郵件至指定號碼與信箱，另外車機資訊平台也可進行冰桶歷史溫濕度查詢，利用不同底色來幫助我們找尋是否有溫濕度疫苗情況，如圖 16 所示。

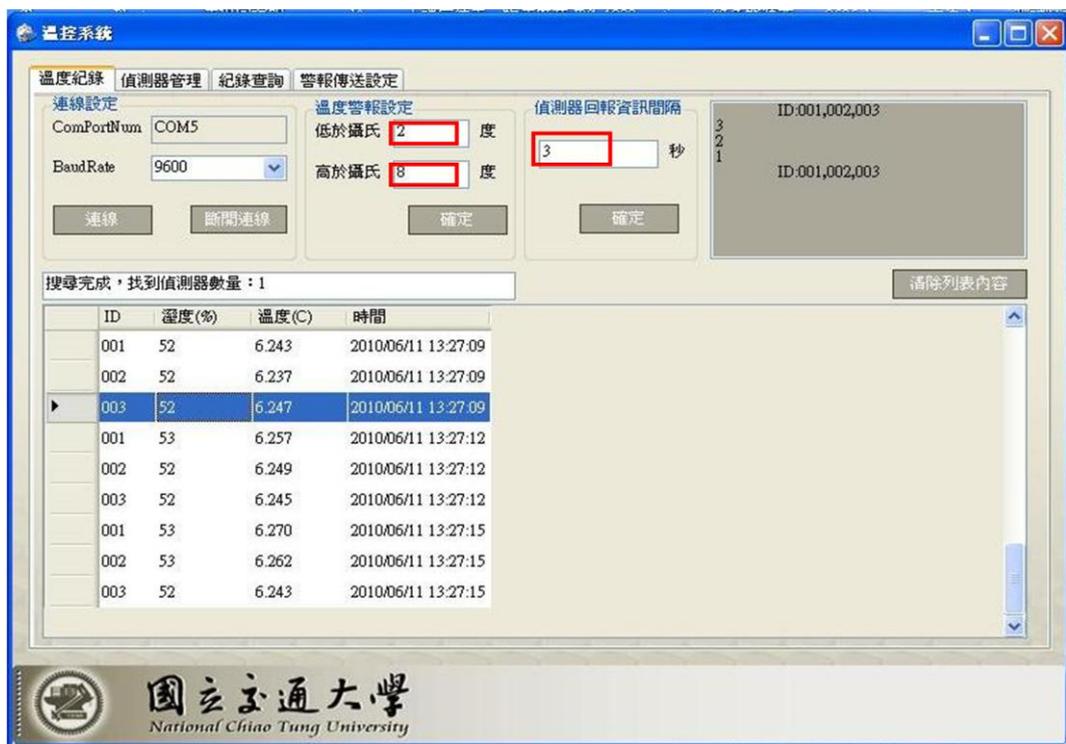


圖 15：溫濕度偵測畫面

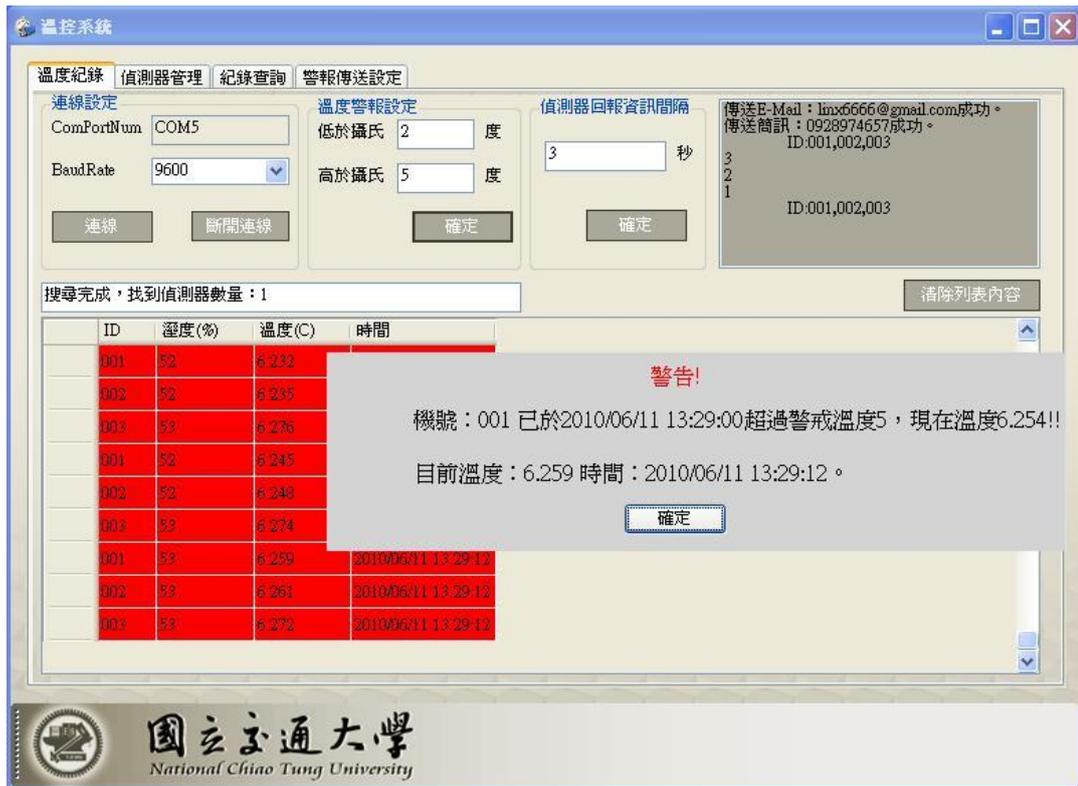


圖 16：偵測之溫度高於設定之溫度上限(1/5)



圖 16：偵測之溫度低於設定之溫度下限(2/5)

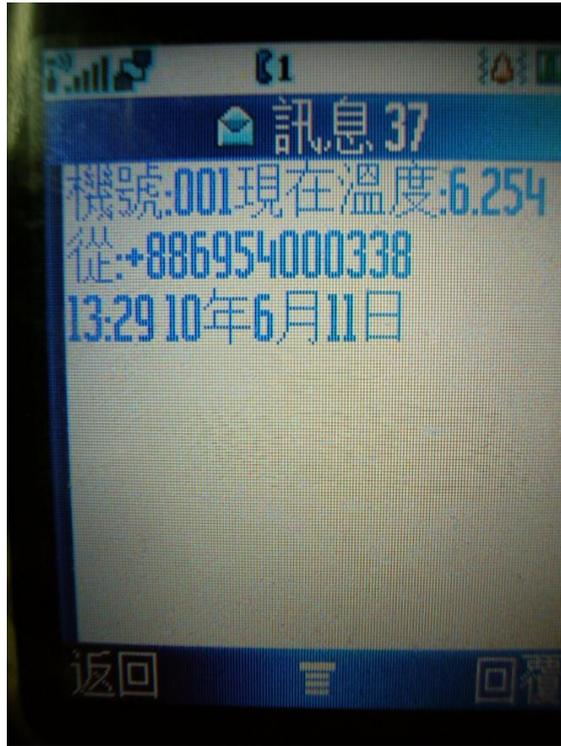


圖 16：溫度異常時傳遞簡訊至指定電話號碼(3/5)



圖 16：溫度異常時傳遞資訊至指定電子信箱(4/5)



圖 16：查詢溫度介面-溫度高於設定溫度與溫度低於設定溫度之情形(5/5)

- Step8：在疫苗配送途中，物流廠商可透過網際網路連線到主機資料庫系統，輸入日期、時間、冰桶編號，即可查詢冰桶所記錄的歷史溫濕度資料，幫助物流廠商人員瞭解疫苗配送情況，如圖 17 所示。

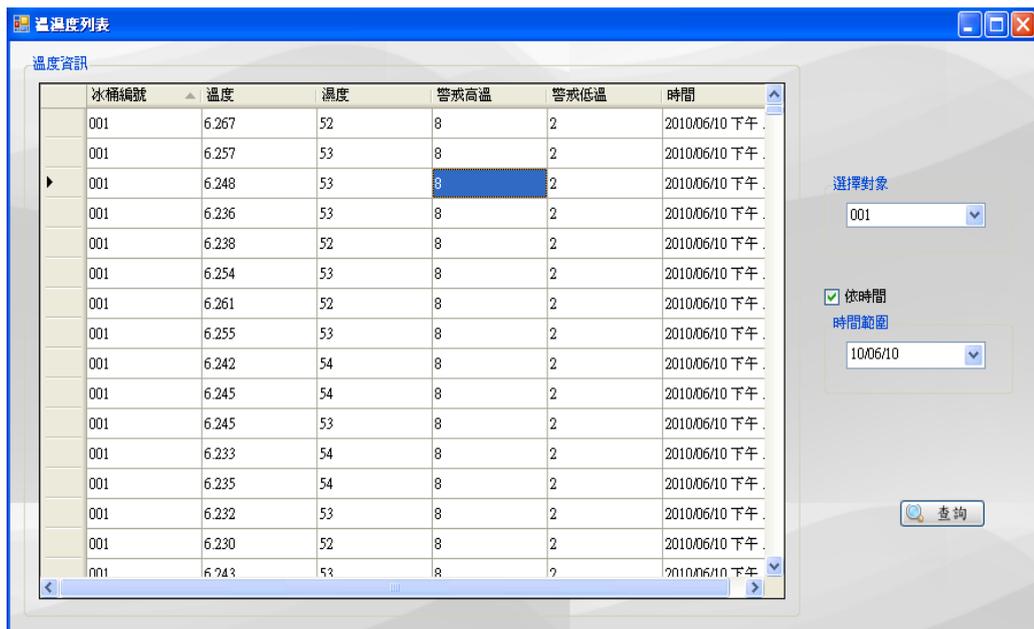


圖 17：物流廠商查詢冰桶歷史溫濕度資料

- Step9：配送至客戶端冷藏倉庫，客戶端倉儲人員利用查詢訂單功能，如圖 2，連線到主機資料庫，選擇要查詢之冰桶。即可下載該冰桶所記錄之歷史溫濕度資料，如圖 18 所示。



圖 18：客戶查詢訂單於配送過程中的歷史溫濕度(1/2)

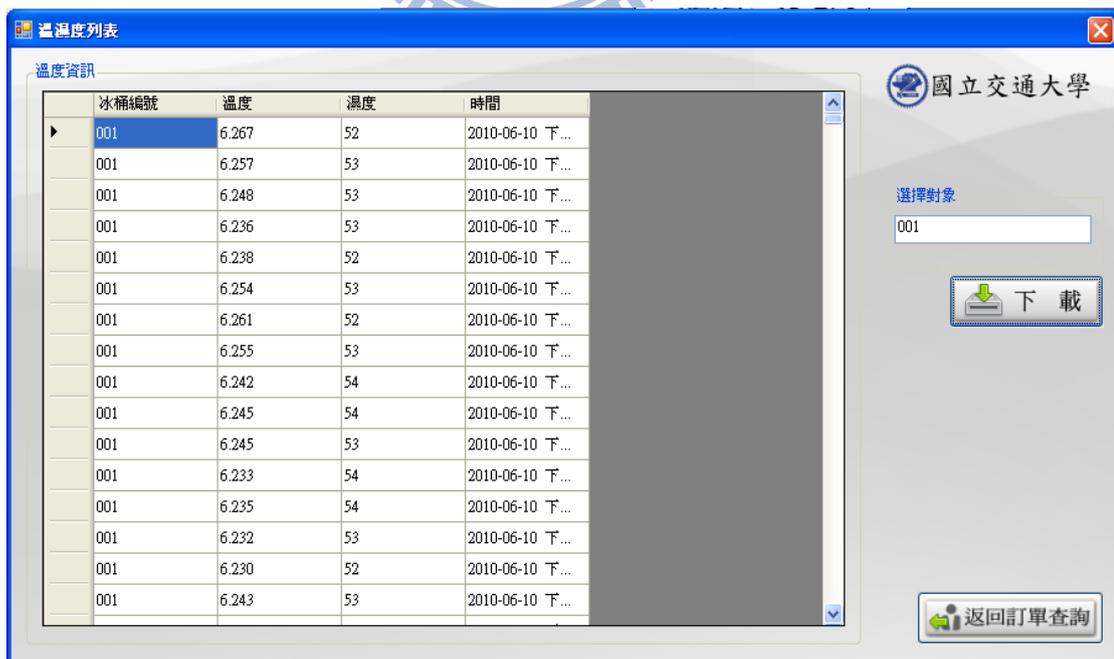


圖 18：訂單於配送過程中的歷史溫濕度記錄(2/2)

- Step10：客戶倉儲人員確定簽收出貨單，司機回報物流廠商，於物流廠商端資訊平台按下完成訂單鍵，疫苗廠商端的訂單狀態變成已完成如圖 19。



圖 19：物流廠商按下完成訂單鍵(1/2)



圖 19：疫苗廠商資訊平台顯示訂單已完成(2/2)