

工業技術研究院

Industrial Technology
Research Institute

長航時燃料電池無人機

-北極燕鷗的誕生與行旅

工業技術研究院
材料與化工研究所
蔡麗端

109.12.21



全球無人機市場概況

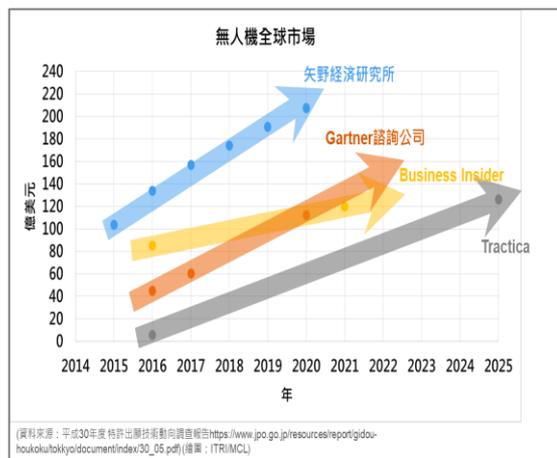
- 各大市場調查公司資料均顯示，無人機全球市場將持續成長，2022年後可望突破100億美元
- 到2025年，商業無人機服務收入將達到每年87億美元，將是商用無人機硬體銷售的2倍以上。商用無人機市場成長快速，將在2021-2022年超越消費性無人機市場。
- 目前消費型無人機市場由DJI(大疆)主宰，產量全球市占率約76.11%，其次是Parrot，市占率20.86%，其他無人機製造商僅占3.022%。
- 由於電子商務的普及化，便捷與環保造成物流無人機的需求。全球各大公司如Google、Amazon、Intel、Uber、Facebook及UPS等皆爭相開發無人機可能之未來應用。
- 無人機市場受到各國重視，依據Forecast International統計，美國是最大的投資與使用國家，投資金額高達120億美元，其後則是亞洲、歐洲等區域。

2018年主要地區投入UAV研發與採購金額

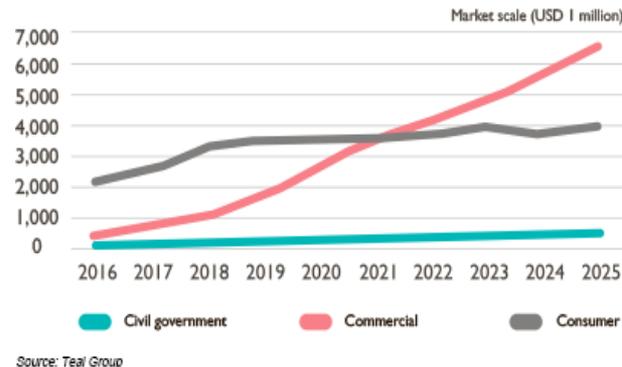
資料來源：Forecast International 2018

| 區域名稱 | 投資額 (十億美元) | 比率 (%) |
|----------------|---------------|-----------|
| U.S. | 12.18 | 37.0 |
| Asia | 9.1 | 27.6 |
| Western Europe | 5.9 | 17.9 |
| Eastern Europe | 2.9 | 8.8 |
| Latin America | 0.39 | 1.2 |
| Total | 32.89 | 100 |

各市調公司之全球無人機市場預測報告



Teal Group's 2016 World Civil UAS Market Profile and Forecast



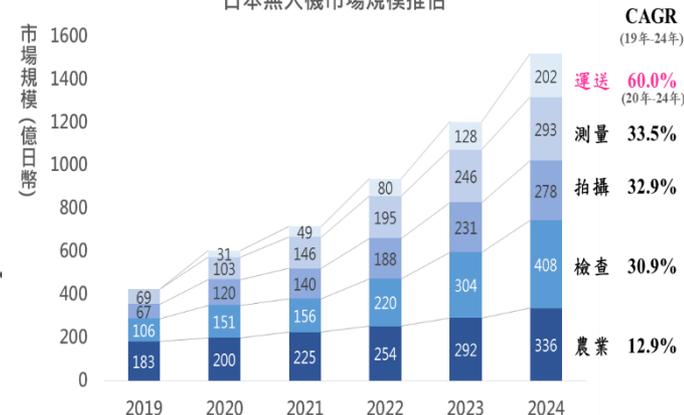
資料來源：2019無人機研發與產業發展趨勢論壇，「全球無人機發展現況及未來趨勢」經濟部航空產業發展推動小組 簡志維副主任



Drone Logistics and Transportation Market

- 根據野村綜合研究所推估，日本無人機運送應用將於2020年後快速成長，至2024年的複合年均成長率高達60%。
- 已有四家無人機業者取得FAA's Part 135 standard certification 通過許可，分別是Google的Alphabet Wing、UPS、亞馬遜Prime Air與Aquila Drones。
- 2019/12韓國Doosan Mobility Innovation公司於美屬維京群島進行物流運送測試飛行，使用燃料電池多旋翼無人機酬載模擬醫療用品，飛行時間1小時43分鐘，飛行距離達43英里。
- 韓國Doosan Mobility Innovation公司與廣東珠海紫燕無人機公司合作，於2020/07公開燃料電池直升機相關訊息，最大起飛重量20公斤，最高酬載重量4.5公斤。

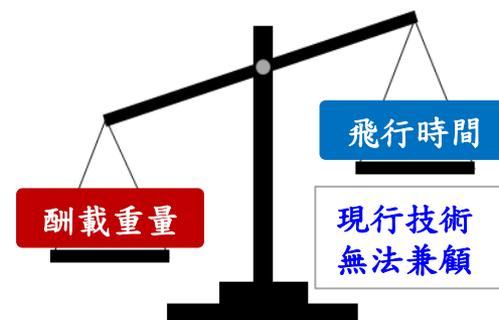
日本無人機市場規模推估



商業無人機產業的技術契機

| 應用 | 飛行時間 | 酬載重量 |
|------|------|------|
| 農噴植保 | ○○ | ○○○ |
| 巡檢監視 | ○○○ | ○ |
| 調查測繪 | ○○○ | ○ |
| 影像拍攝 | ○○○ | ○ |
| 通訊中繼 | ○○○ | ○○ |
| 緊急醫療 | ○○ | ○○ |
| 物流遞送 | ○○○ | ○○○ |

- 鋰電池能量密度過低，飛行時間與酬載重量均無法滿足。
- 各種商業應用中，物流遞送面對電力不足最嚴峻的挑戰。
- **中國製無人機面臨禁售問題，將是國內產業新契機**



(2020年1月底美國政府宣布禁止使用中國製無人機)
(日經新聞報導，日本海上保安廳將從2020年度起停止採購中國製無人機)
(2020/10中央通訊社報導，日本明年4月執行的無人機新規範，可能會把中國排除在政府的無人機供應源之外)

工研院
長航時無人機
技術

燃料電池廠商
(錫力、順德、
中興電工...)

無人機廠商
(經緯、碳基、
雷虎、田屋...)



- 燃料電池系統具有高能量密度優勢，將成為無人機商業應用的關鍵技術指標。可協助廠商在百家爭鳴的無人機市場中，**創造出差異化優勢**。



長航時無人機誕生背景

過去由飛控領導技術，現今由AI應用拓展市場，未來由長航時電源升級產業



Celina
Mikolajczak
Director of Energy Storage
Uber



Uber 飛行車希望的電池規格

Battery size: 150 kWh

Battery pack energy density: **400Wh/kg**

Battery life: 500 cycles (by 2023); 1,000 cycles (2028); 2,000 cycles (2032)

電動飛行器的電池重量能量密度必須達到400Wh/kg，Uber認為目前並不存在。

■ 飛行時間不足，嚴重限制無人機應用領域的擴展

(目前鋰電池能量密度僅150~180Wh/kg，多旋翼無人機酬載後飛行時間僅約15~30min.)

■ 全球商用物流無人機需求:

最後一哩路-飛行距離10-50公里，酬載大於10公斤

■ 氫氣燃料為潔淨能源，可大幅提升飛行時間

■ 開創商用無人機創新營運模式新商機

■ 雙贏策略-推廣台灣燃料電池，加值無人機產業



物流無人機規格需求

物流無人機分為： $<10\text{kg}$ (交付無人機，第一哩路及最後一哩路)和 $>10\text{kg}$ (貨運無人機)，因電子商務之崛起，現階段需求前者市場大於後者

法國郵政物流規劃

近距離

偏遠地區
飛行距離20km
載重10kg



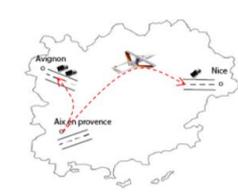
中距離

城鎮之間運送
飛行距離50km
載重200kg



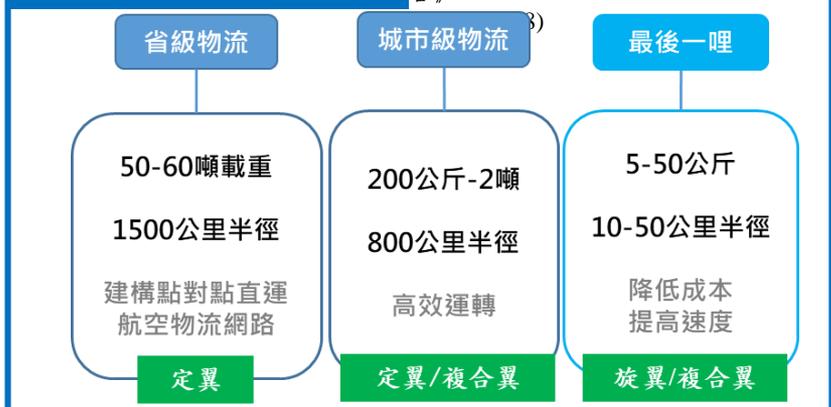
遠距離

城市之間運送
飛行距離500km
載重數百kg



京東集團物流規劃

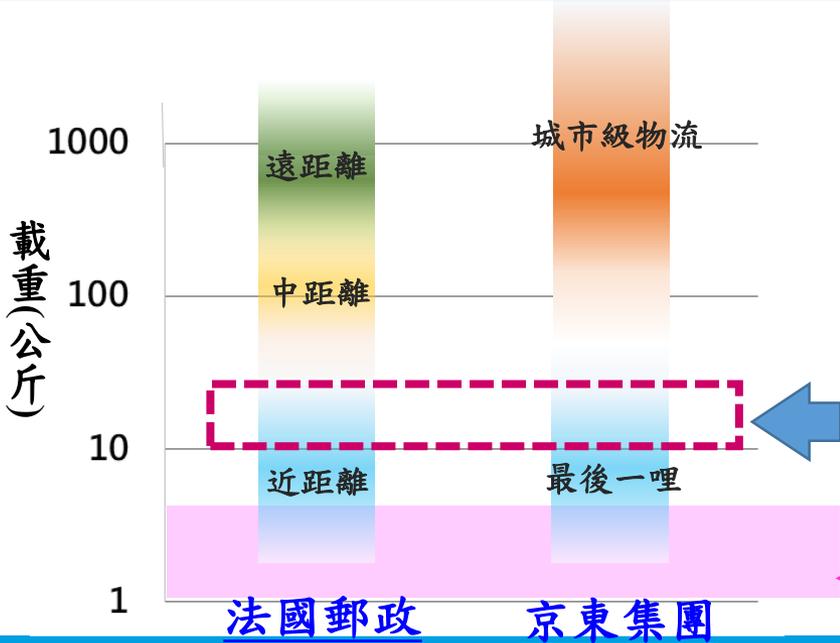
《世界物流無人機產業發展年度報告》



- 國際間規劃無人機物流應用，**近距離範圍之無人機載重規格均需 $\geq 10\text{kg}$** 。
- 但受限於電池能量不足，**目前電動無人機的載重範圍多為 $\leq 5\text{kg}$** 。
- 長航時無人機規格，**可填補此空缺**。

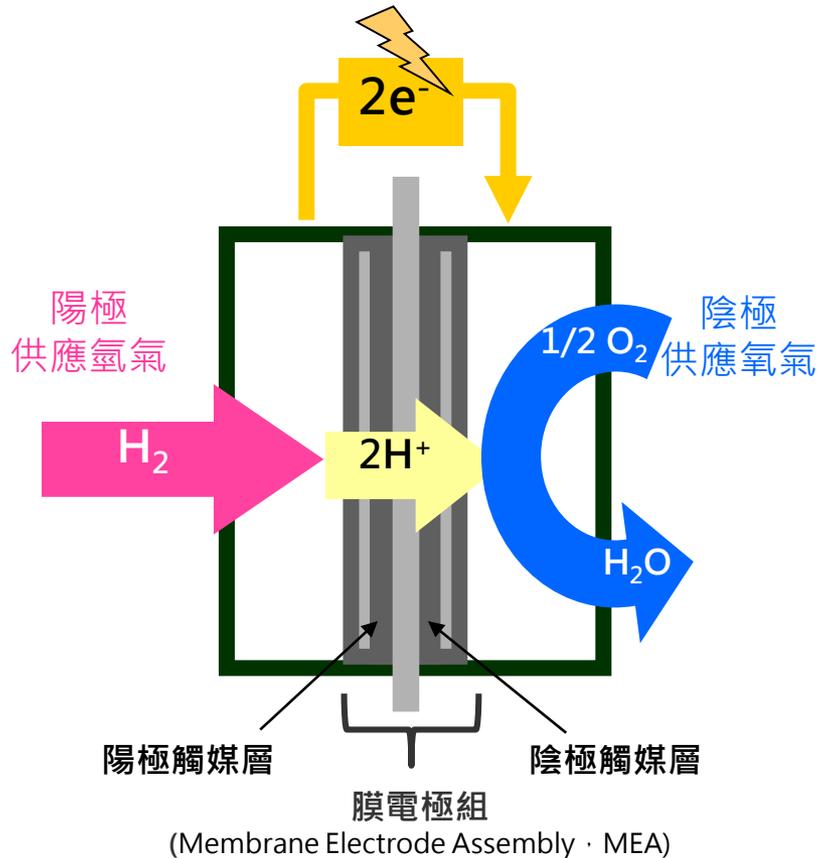
| 109 | 110 | 111 | 112 |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 載重10kg 飛行1小時 | 載重10kg 飛行2小時 | 載重15kg 飛行1小時 | 載重20kg 飛行1小時 |

目前多數電動無人機載重範圍



燃料電池簡介

(Proton Exchange Membrane Fuel Cell · PEMFC)



1. 燃料電池 = 發電機

(不需充電，添加燃料→產生電力)

2. 低噪音

(僅些微風扇聲音)

3. 快速補充電力

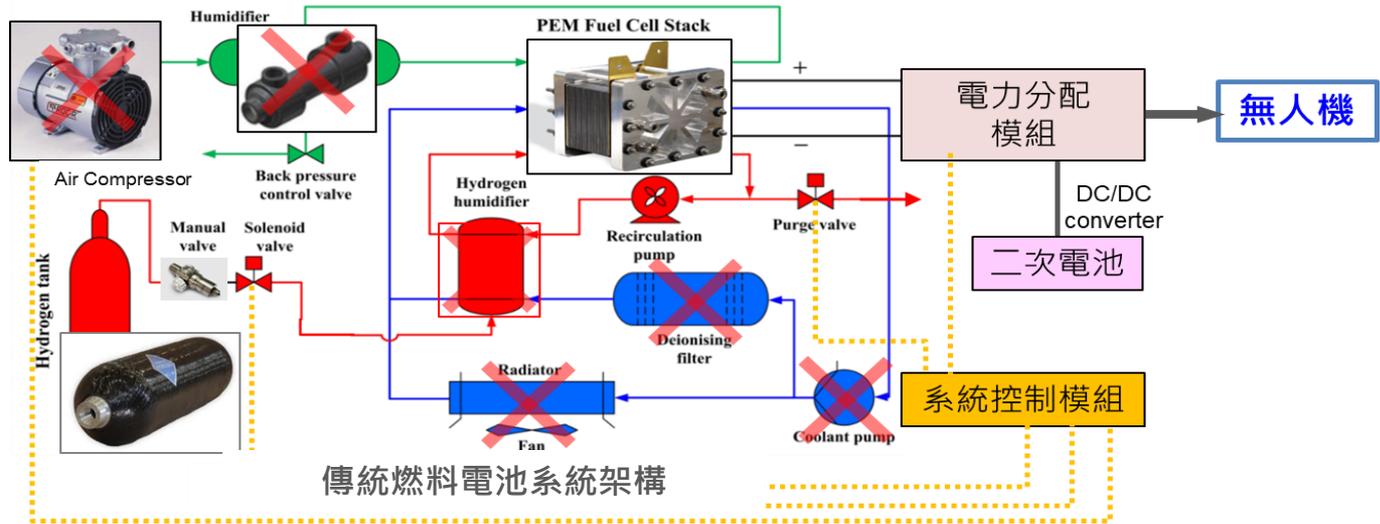
(儲氫罐交換)

4. 無汙染

(產出電、水與熱)



長航時燃料電池無人機技術突破點



長航時無人機技術突破重點：

- 減輕重量 (機身減重20%)
- 發展輕量化高功率專用電堆(提升50%，重量功率密度 > 1kw/kg)
- 混成電力控制優化 (電壓轉換效率提升至99%)
- 輕量化高壓儲氫罐 (>350Bar，儲氫量 > 9wt%)

四軸燃料電池無人機簡介



無人機最大起飛重量MTOW(規格) 35 公斤

| 項目 | 規格 | 說明 |
|--------|------------------------------------|---|
| 無人機機體 | 空機重量7.80公斤 | |
| 混成動力系統 | 燃料電池電堆模組 | 單一模組規格48V/ 1kW/1.70公斤(共四組) |
| | 混成電路控制模組 | 電源轉換器 48V/ 5kW / 1.28 公斤 |
| | 固定機構 | 1.6 公斤 |
| | 高壓氫氣瓶 | 19L/350 bar, (~550g H ₂)(含減壓閥6.53 公斤) |
| | 鋰電池組 | 6Ah/48V/12S (1.75 公斤) |
| 飛行驗證 | 酬載 4.60 公斤 滯空飛行135分鐘(總起飛重量30.36公斤) | 混成動力系統總能量密度 486 Wh/kg , 總重量17.96 公斤, 氫氣總發電量 |
| | 酬載 5.01 公斤 滯空飛行130分鐘(總起飛重量30.77公斤) | 8738.72 wh |

Fuel Cell Power 6-axis multi-rotor Drone

| | |
|----------------------|-------------------------------|
| Axis distance | 1650 mm |
| Height | 700 mm |
| Max. Take-off Weight | 24 kg |
| System Weight | 19.5 kg (with 12L tank) |
| H2 Tank | 9L/12L |
| Max. Payload | 5 kg |
| Flight time | ~ 130 min(without payload) |

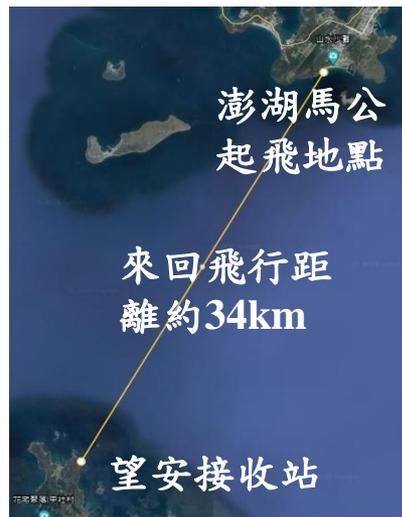
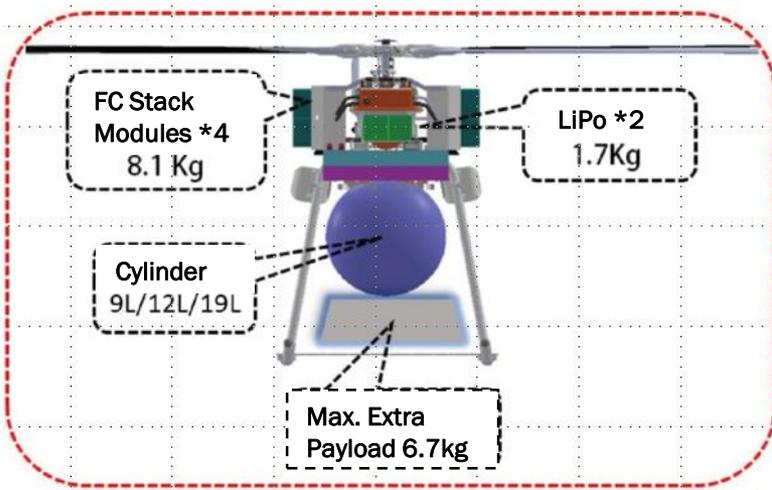


燃料電池無人直升機飛行測試

- 燃料電池直升機經多次測試，總飛行里程>300公里
- 取得國內首架特種實體檢驗合格證
- 完成烏石港-龜山島跨海來回飛行及馬公-望安跨島酬載來回飛行



馬公至望安跨島來回飛行 烏石港至龜山島跨海飛行驗證



取得國內首架
特種實體檢驗合格證

中華民國交通部民用航空局
遙控無人機特種實體檢驗合格證
編號 NO. IA2008050003-1

CIVIL AERONAUTICS ADMINISTRATION
Ministry of Transportation and Communications
Republic of China

SPECIAL INSPECTION CERTIFICATE OF DRONE

| | | |
|---|--|---|
| 註冊號碼 Registration NO. B-TA109004 | 遙控無人機之製造者及型式 Maker and Maker's Designation 田屋科技 AXH-E230FC | 遙控無人機序號 Serial Number B1-1005-20003 |
| 機種 Categories 無人直升機 | | 目的 Purpose 試驗飛行 |
| 限制及備註事項 Limitations/Remark: (1)本合格證僅限工研院燃料電池試驗飛行使用，不得進行其他飛航業務操作。 (2)試飛作業須依據所擬報之試驗計畫進行。 (3)操作須依據「AXH-E230FC 燃料電池電動無人機操作手冊-202010」、「AXH-E230FC 多功能無人直升機系統地面導控站與飛行任務控制軟體操作手冊」、「燃料電池地面站設備操作手冊」。 (4)最大起飛重量：30 kg | | |
| 發證日期 Date of Issue 2020/10/08 | 局長 Director General 林國顯 | |
| 本證有效期至 Valid Until 2020/11/23 止 | | |



| Hydrogen Cylinder(L) | Payload (kg) | Flight Time (min) |
|----------------------|--------------|-------------------|
| 9 | 6.7 | 70 |
| 12 | 6 | 90 |
| 19 | 4 | 120 |
| 19 | 0 | 180 |

長航時商用無人機新里程

全球首創

涵蓋陸、海、空的無人載具創新實驗條例上路

挑戰澎湖海域飛行

馬公-望安海上飛行
(來回32公里)

離島緊急醫療物資遞送實驗運行

科發基金投入

長航時無人機技術

全球航時新紀錄

酬載5公斤，
滯空飛行時間130分



挑戰澎湖海域飛行

馬公-七美海上飛行
(單趟~42公里)
嘉義-馬公海上發行



2019/04

2019/07

2020/01

2021/01

2022/01

2022/07

於2020 Q3成功
挑戰澎湖海上飛行

預計於2022 Q2
澎湖離島海域緊急
醫療物資遞送實驗
運行

結 論

- 燃料電池之重量能量密度是鋰電池三倍，應用於無人機上可延長三倍之飛行時間，對需求長航時之應用深具潛力。
- 輕量化直接氣冷式電堆之開發與製作，單一模組功率達1400W，能量密度達1.05kW/kg。
- 建立燃料電池混成電力控制技術，以多模組控制技術，可依無人機時機需求調控燃料電池功率，電力轉換率達99%。
- 完成燃料電池烏石港-龜山島及馬公-望安(酬載6.7公斤)之跨島來回飛行，驗證長航時無人機之可行性。
- 將籌組長航時無人機之產業與物流應用聯盟，歡迎有興趣業界先進加入。