

各國軍事航空器永續航空 燃油(SAF)應用與我國 航空能源自主韌性



簡報單位：國防大學空軍學院

簡報人：盧喬偉

簡報大綱：從「環保議題」到「國家安全戰略」



全球趨勢

- SAF發展歷程
- 廠商授權情形
- 全球各國軍機概況



戰術優勢

- SAF減排效益
- 提升匿蹤能力
- 延長發動機壽限



能源韌性

- 能源自主韌性
- 他國SAF應用
- 我國政策與產能



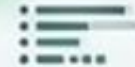
軍機使用永續航空燃油(SAF)發展歷程

2006-2008
大型機驗證



美空軍阿諾德工程中心(ADEC)
飛行測試：
B52型轟炸機、C17運輸機
地面測試：
F100型發動機

2010
戰鬥機驗證



美海軍
飛行測試：
F/A-18戰機，混合50/50SAF
超音速試飛

2020s
拓展與全面認證



航太及軍工大廠陸續核准
永續航空燃料(SAF) 50%
混合比例，將邁入隨加即
用成熟階段

航太軍工及發動機廠商授權使用



洛克希德馬丁 (Lockheed Martin) :
F-35、F-16、C-130全面核准



波音 (Boeing) : 發布無技術異議(NTO)
指南，F/A-18、P-8A、C-17皆可安全
使用



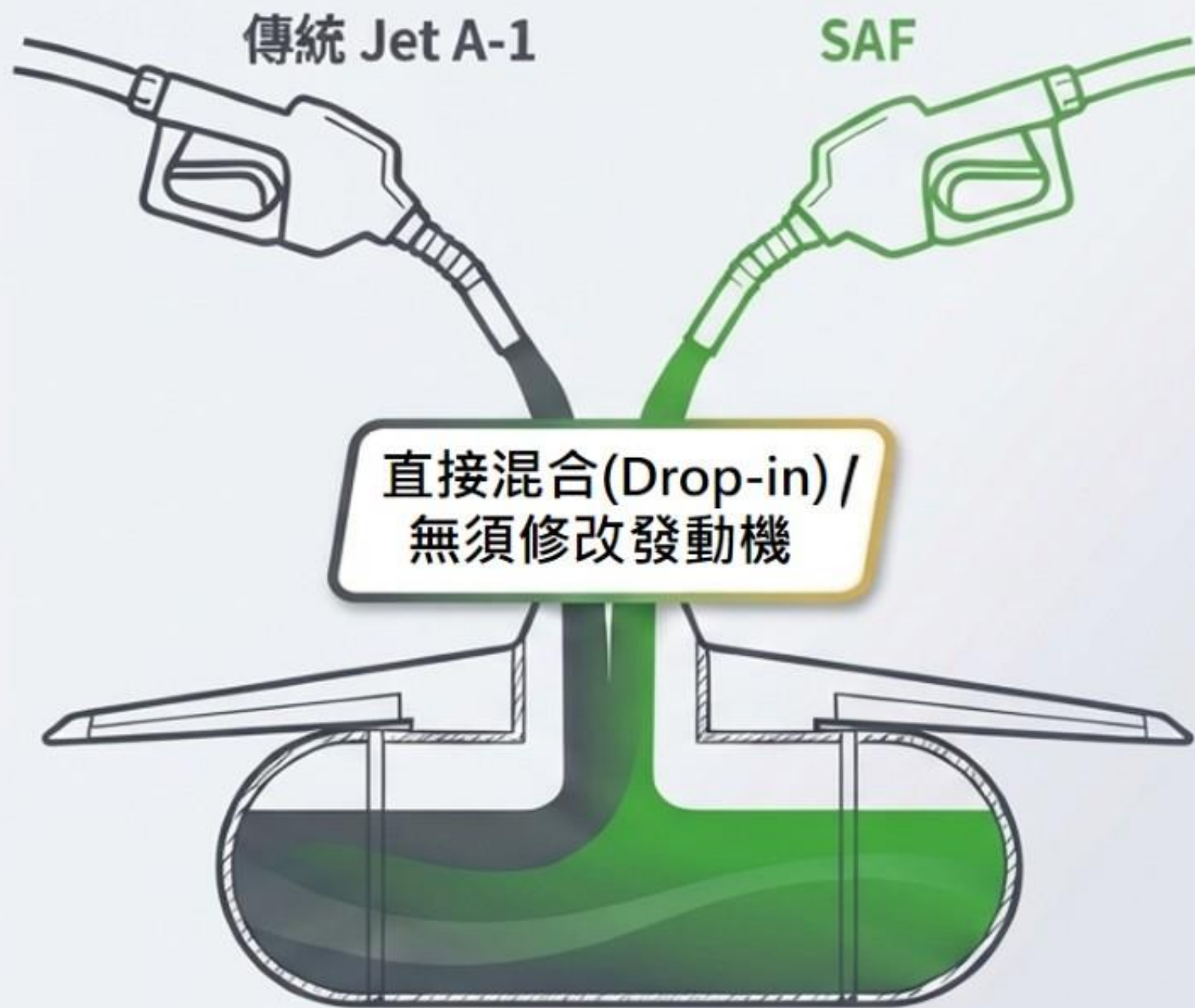
普惠 (Pratt&Whitney) : F100、F119
與F135發動機具備50%SAF認證



GE Aerospace : F414、F110與T700
發動機具備50%SAF認證



勞斯萊斯 (Rolls-Royce) :
AE3007、AE2100與T56發動機具備
50%SAF認證



各國軍機驗證永續航空燃油(SAF)



全球各國已從「測試階段」邁向「認證與使用階段」

美國軍機驗證永續航空燃油(SAF)

F-35 Lightning II



洛克希德馬丁公司於2025年1月公告F-35型機適用50%SAF混合比例。

F-16 Fighting Falcon



2008年進行F-16戰鬥機使用SAF飛行測試。

F/A-18 Super Hornet



2010年進行F/A-18戰鬥機使用SAF飛行測試。

C-130 Hercules



2024年進行C-130運輸機使用SAF飛行測試。

C-17 Globemaster III



2010年進行C-17運輸機使用SAF飛行測試。

B-52 Stratofortress



2006年進行B-52轟炸機使用SAF飛行測試。

歐洲軍機驗證永續航空燃油(SAF)

英國 (UK)	法國 (France)	西班牙 (Spain)	義大利 (Italy)
			
<p>機型：A330 MRTT 概要： 2022年11月，以100%SAF試飛；2023年以空中輸送SAF至颱風戰機，驗證空中加油能力。</p>	<p>機型：A330 MRTT、 颶風戰機 概要： 持續與空巴公司合作驗證；賽峰集團預計以M88發動機於2030年100%SAF。</p>	<p>機型：EF-18戰鬥機、 A400M 概要： 2024年9月以30%SAF混合比例，完成EF-18首次超音速飛行測試。</p>	<p>機型：T-346A 教練機 概要： 2025年7月，於普拉提卡迪馬雷空軍基地，以30%SAF混合比例，完成技術飛行。</p>

北歐軍機驗證永續航空燃油(SAF)

挪威 (Norway)



機型：F-35A戰鬥機

概要：

2025年1月，以40%SAF混合比例完成飛行測試，並驗證SAF在嚴酷高緯度氣候下的穩定性。

瑞典 (Sweden)



機型：JAS 39C/D戰鬥機

概要：

2017年3月，以100%SAF混合比例完成飛行測試，測試中展現燃燒效率與推力表現與傳統JP-8燃油無異。

芬蘭 (Finland)



機型：F/A-18C/D戰鬥機

概要：

Neste為全球最大的SAF製造商，依原廠授權適航認證，直接添加SAF，已邁入成熟的後勤補給作業。

亞太軍機驗證永續航空燃油(SAF)

日本 (Japan)



機型：T-4教練機

概要：

2025年9月，藍色衝擊波飛行表演隊，使用廢棄食用油再製的SAF，進行約10分鐘的飛行表演。

澳洲 (Australia)



機型：Pilatus PC-21

概要：

2023年11月，澳洲皇家空軍特技飛行表演隊以30%SAF混合比例進行飛行表演。

印度 (India)



機型：AN-32運輸機

概要：

2018年12月，以10%SAF混合比例進行飛行測試；2021年11月正式公告准予添加SAF。

印尼 (Indonesia)



機型：CN235運輸機

概要：

2021年10月，自雅加達起飛並降落於萬隆，以2.4%SAF混合比例進行的飛行測試。

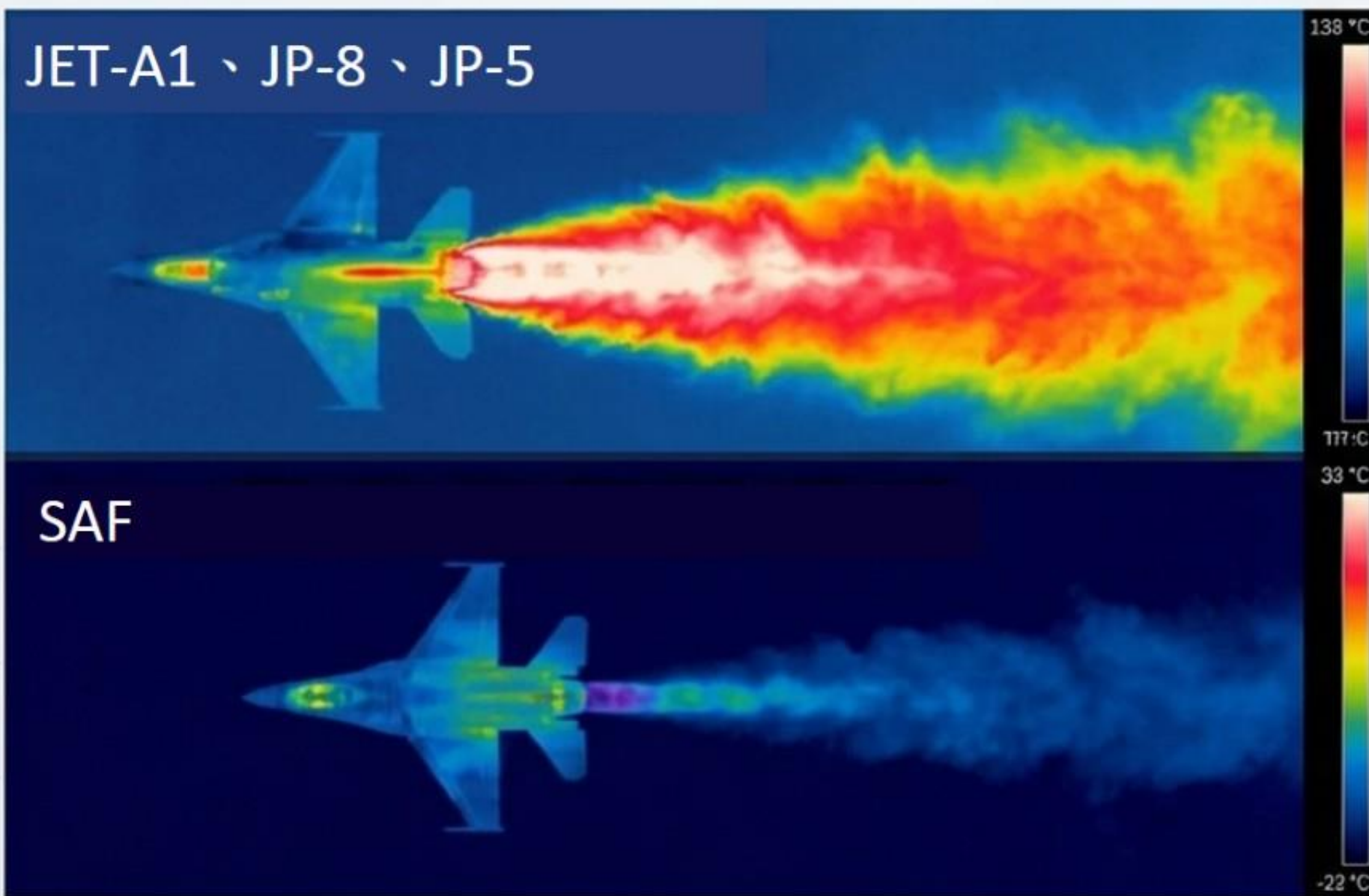
永續航空燃油(SAF)對軍機的多種效益



永續航空燃油(SAF)減碳效益



物理特性具匿蹤能力



物理特性減少高熱輻射

熱煙灰 (Hot soot) 是戰機尾管紅外線輻射的主要來源；相較傳統燃油燃燒結果，永續航空燃料 (SAF) 減少熱煙灰排放，即降低被敵方紅外線追熱飛彈鎖定機率。

降低凝結尾跡

減少懸浮微粒 (PM/soot)、硫氧化物 (SOx) 排放，大幅降低高空凝結尾跡 (Contrails)，直接降低戰機在視距內及光學感測器偵獲機率。

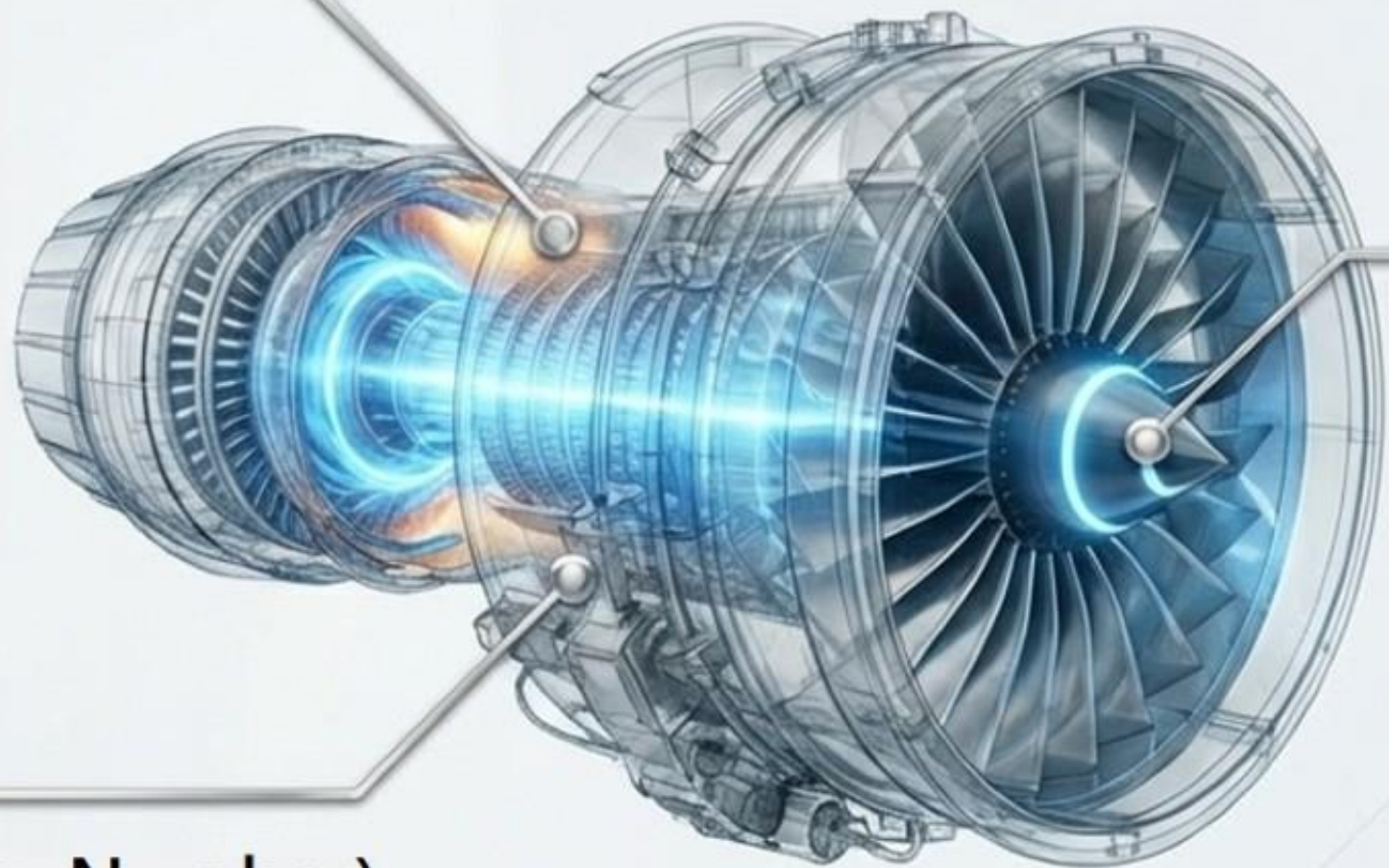
具後勤維保優勢與增加發動機壽限

高氫碳比與無積碳

永續航空燃料(SAF)具較高的氫碳比，燃燒更完全；其芳香烴與硫化物極低，大幅度減少發動機內部積碳，增加發動機壽限。

低溫啟動性能

較高的十六烷值(Cetane Number)改善高空低溫等極端寒冷環境下的點火效率。



免改裝發動機

永續航空燃料(SAF)經多廠家驗證及授權，可直接混合(Drop-in)，並相容於現有發動機與機場加油設施。

我國航空能源自主韌性



擺脫進口依賴：

降低對進口原油的高度依賴，分散能源風險。

封鎖韌性：

在海運受阻或供應鏈中斷下，因國內產製永續航空燃料(SAF)能量，確保封鎖期間之能源供應。

無縫銜接：

永續航空燃料(SAF)可直接混合(Drop-in)，無須修改戰機與機場加油設施。

擺脫「進口依賴」轉向「能源自主」



傳統石化燃油：高度依賴進口與漫長海運，極易受地緣政治與封鎖癱瘓。



本土永續航空燃油：100% 在地自產，建構戰時能源獨立與後勤彈性。

永續航空燃油(SAF)能源自主應用國家



瑞典

JAS 39：木質纖維素生產 100% 全合成航空燃料，並與瑞典國防物資管理局 (FMV) 合作，成功在 JAS 39 獅鷲戰鬥機 (Gripen) 上進行測試。



芬蘭

F/A-18：擁有全球最大 SAF 生產商 (Neste)，建立強大本土供應鏈，支援國內外軍機，減少對進口石油依賴。



日本

T-4/B777：廢食用油回收再製 SAF 計畫實現能源循環利用，減少對進口石油依賴。



印尼

CN235：自豐富的棕櫚油農作物生產本土應用於軍事運輸機，減少對進口石油依賴。



印度

AN-32：自麻瘋樹油(非食用油)農作物生產 SAF，應用於軍事運輸機，減少對進口石油依賴。

國家	機型	燃料來源	本國廠商
瑞典	JAS 39戰機	林業廢棄物	Swedish Biofuels
芬蘭	F/A-18戰機	廢棄食用油、動物廢脂	Neste
日本	T-4教練機 B777行政專機	廢食用油	日揮控股、COSMO石油 REVO International inc
印尼	CN235運輸機	棕櫚油	印尼國家 石油公司
印度	AN-32運輸機	麻瘋樹油	芒格洛爾煉油與石化 公司

我國政策與廠家產能



政策目標（民航為主）



長榮航空與台塑石化公司簽訂MOU，自2026年起五年內供應逾2萬噸

本土產能現況



台塑石化：年產5,500噸



中油(CPC)：桃園煉油廠於2026年6月試產SAF，初期產能約1.5-2萬噸(評估擴建中)



國際政策誘因，加速永續航空燃油發展



歐盟 (EU - RefuelEU)

- **強制配比與屬地主義**。
- 2025年 2%，2030 年 6% (需含 1.2% 合成燃料)。
- 要求航空公司須於歐盟機場加注至少 90% 飛航所需燃油，防堵規避，確保境內永續燃料市場競爭力。



美國 (US - IRA 降低通膨法案)

- **鉅額租稅減免 (Tax Credits)**。
- 基本每加侖 1.25 美元，按減排幅度最高可達 1.75 美元。
- **誘發民間鉅額創投基金** (如聯合航空逾1億美元的 SAF 投資基金)。

台灣現狀：「無規無鼓勵」。若無明確技術審查標準與租稅減免，恐削弱投資方向與國際航空樞紐競爭力。

啟動國防主導的政策指引與戰略儲備

01



完備法規與租稅誘因 (Policy & Incentives)

- 儘速建立台灣明確的 SAF 使用配比時程表與定義。
- 導入類似美國 IRA 的租稅減免與研發補助，引導民間資金投入。

02



跨部會與軍民整合 (Inter-ministerial Integration)

- 交通部、經濟部與國防部需將 SAF 提升至「國家防衛能源」層級。
- 啟動空軍主力戰機 (F-16/幻象) 之 SAF 混摻技術評估與試飛計畫。

03



加速擴大本土產能 (Scale Production)

- 全力支援中油與台塑建置全新專屬 SAF 工廠。
- 完善國內廢食用油與農業廢棄物等地生質料源的封閉循環供應鏈。

從廢油到戰力之國防循環經濟



成本與供應鏈之現實挑戰

	挑戰：成本較高 (2-3倍)			對策：政府補貼、 國軍綠色採購預算
	挑戰： 產量初期受限			對策： 簽署採購保證協議 (Off-take Agreements)
	挑戰： 料源外流			對策： 管制廢食用油出 口，優先供給國內

空軍軍機使用永續航空燃油(SAF)初步評估



F-16 洛廠已驗證



C-130 洛廠已驗證



M2000-5 達廠已驗證



FK-50發動機廠已驗證



BH-1900發動機廠已驗證



IDF 自主控制

推估空軍油料需求



國防消耗 (ROCAF 需求)

以空軍年度飛行時數45,000小時計算，巡航需求至少需消耗1.53億公升(12.2萬噸/2.7億磅)。






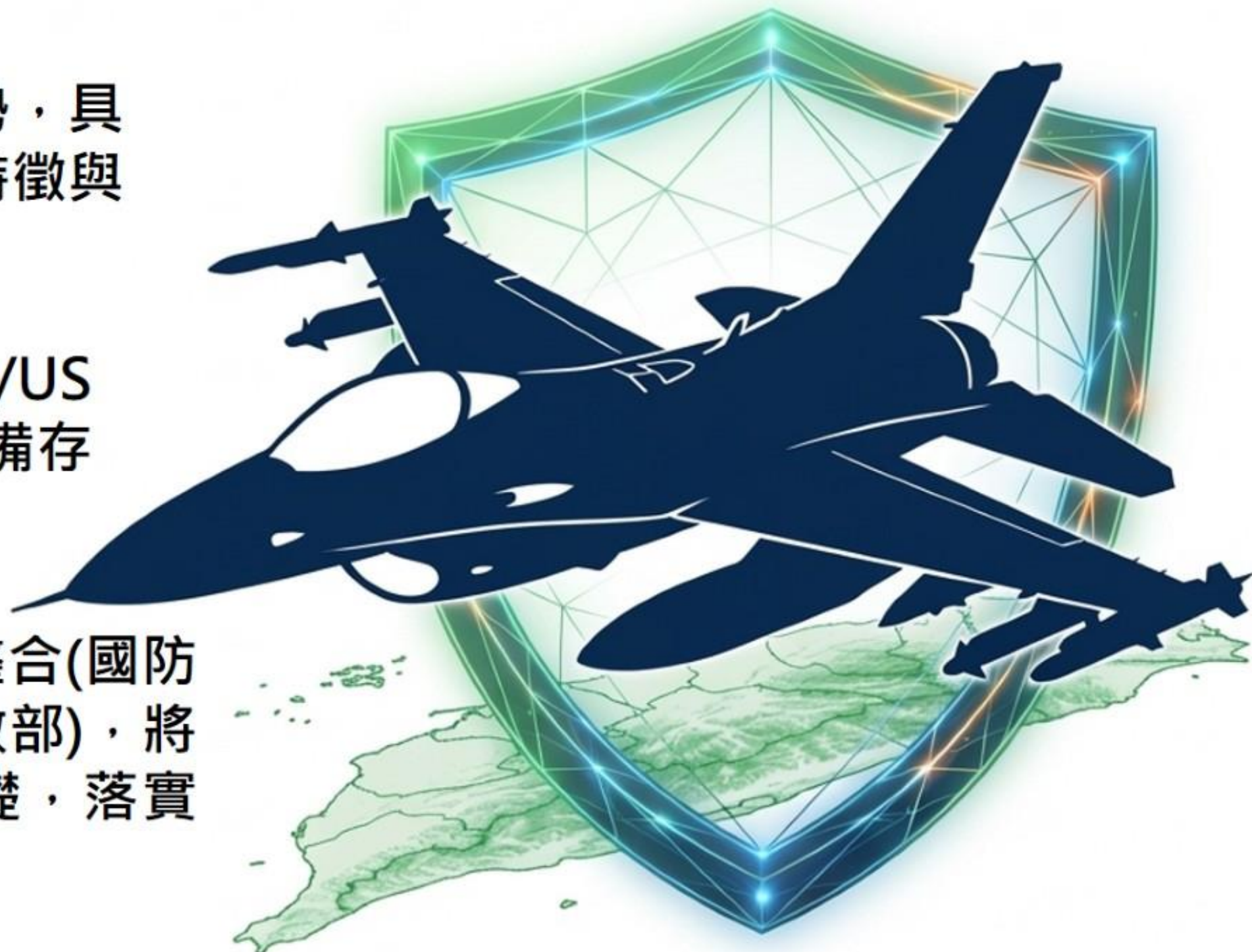
本土產能 (中油+台塑)

初期年總產能約20,500-25,500噸。

初期產能約可支援20%混合比例，若空戰時執行戰術行動或開啟後燃器超音速攔截任務，實際耗油量將更巨大。

「環保議題」與「國家安全」雙贏策略

-  不只是減碳，更是作戰優勢，具更佳燃燒效率，更低排氣特徵與延長發動機壽限。
-  鼓勵租稅獎勵政策(借鏡EU/US經驗)，加速廢油轉化為戰備存量，打造本土SAF生態系。
-  啟動SAF國家隊，跨部會整合(國防部、交通部、經濟部、內政部)，將SAF產能納入重要關鍵基礎，落實能源自主韌性。



(謝謝大家，感謝聆聽)