

出國報告（出國類別：開會）

# 參加國際阿塔卡瑪大型毫米及次毫米波陣列（ALMA）之竣工落成啓用典禮

服務機關：行政院國家科學委員會

姓名職稱：牟副主任委員中原

林處長宗泰

徐愛佳 助理研究員

派赴國家：智利

出國期間：102年3月10日至102年3月16日

報告日期：102年3月25日

## 摘要

我國應美國國家科學基金會(NSF)邀請於 2005 年 12 月 7 日簽署 NSC-NSF 合作意願書，2008 年 10 月 27 日正式簽署台美(TECRO-AIT)天文及天文物理研究合作協定。由中研院天文所及美國國家電波天文台為執行單位，協助天文望遠鏡陣列等硬體架構。此參與「Atacama 大型毫米波及次毫米波陣列望遠鏡」(ALMA)為有史以來最大的地面望遠鏡計畫。本次 ALMA 竣工落成啓用典禮為國際天文界攜手合作重大里程碑，各國科技部長皆參加此典禮。本次與會了解 ALMA 計畫未來之運轉計畫與預期科學研究成果，並與多國高層代表進行國際科技合作會談，有效提升我國國際能見度及科技合作契機。

## 目 次

摘要.....	2
一、前言.....	4
二、動機.....	5
三、目的.....	7
四、行程規劃及達成目標.....	9
五、過程詳列.....	9
六、過程實況報導.....	13
七、該計畫之成果及執行概況.....	25
八、心得及建議事項.....	30
九、順道至太陽能實驗相關公司心得及建議.....	34
十、附錄-美國國家科學基金會副主席 Fleming Crim 給予牟副主委中原的感謝信函.....	35

## 一、前言

阿塔卡瑪大型毫米及次毫米波陣列 (ALMA)計畫決策依據

1. 依科技基本法第 21 條內容：為提升科學技術水準，政府應致力推動國際科學技術合作，促進人才、技術、設施及資訊之國際交流與利用，並參與國際共同開發與研究。

2. 依第七次全國科學技術會議內容：目標「創新科技研發、再造經濟躍升」。其重要策略為發展特色學術領域、強化跨領域尖端研究能力、追求卓越創新，以及突破產業發展等。據此推動學術研究國際化，參與國際大型研究，使我國科技發展實力具國際競爭力並與全球接軌。

## 二、動機

阿塔卡瑪大型毫米及次毫米波陣列 (ALMA) 計畫緣起

94 年 12 月國科會吳前主委茂昆簽署台灣參與 ALMA-北美計畫意願書，於 95 年 1 月國科會吳前主委茂昆主持之天文未來大型研究規劃座談會，提出 ALMA 計畫之規劃構想。95 年 3 月徵求 ALMA 計畫。最後由中央研究院天文所賀所長曾樸，畢業於麻省理工學院，曾任職於柏克萊加州大學、哈佛大學、史密松天文研究所。並曾擔任次毫米波陣列 (SMA) 計畫科學家(為 Altacama 大型毫米/次毫米陣列 (ALMA)計畫的先驅)，擔任該計畫之計畫總主持人。參與 Altacama 大型毫米/次毫米陣列 (ALMA)計畫之主持人(含共同主持人)共計有二十七位，且參與此 ALMA 計畫之研究機構高達九所研究單位，分佈台灣北中南各地，分別為中央研究院天文及天文物理研究所籌備處、中央研究院地球科學研究所、國立中央大學 天文學研究所、國立台灣大學電信工程學研究所、國立成功大學、國立清華大學物理學系、國立臺灣大學物理學系暨研究所、國立臺灣師範大學 地球科學系、淡江大學物理學系。

95 年 4、5 月 ALMA 計畫國內外書面審查；95 年 6 月 ALMA 計畫審查會議及 95 年 7 月大型研究設施案審查作業會議，決議支助 95 年 ALMA 計畫經費。並於 95 年 7 月底 95 年 ALMA 計畫提業務會報討論通過。由我國參與 SMA 天文研究設施建構的重要研究經驗中，已成功地培育了台灣相關精密天文相關儀器的廠商負責建構出天文重要零組件等，並早已於國際間取得良好的口碑。因此在 ALMA 天文研究設施之建構，可預估台灣相關精密儀器廠商亦極有可能取得 ALMA 主辦單位美國國立電波天文台的訂單。95 年 8 月-96 年 2 月數度召開協商會議，並與美國國家科學基金會進行書信往來協商。95 年 11 月透過駐美國代表處科技組與美國國家科學基金會進行協商。96 年 3 月透過視訊會議方式，與美國國家科學基金會協商 ALMA 計畫簽約事宜，直至 96 年 4、5 月與天文所商議簽約細節及經費事宜。96 年 7 月 18 日於高階主管會報提出可行方案後，俾以代表國身份參與決策會議，建立本會(NSC)與美國國家科學基金會(NSF)進行長期之合作，有助於加強台美之科技外交關係。97 年 7 月完成 ALMA，與美國國家科學基金會 ALMA 計畫簽約事宜。在 NSC-NSF 合作架構下，美國在臺協會(AIT)及駐美國臺北經濟文化代表處

(TECRO)完成簽約，由中央研究院天文所(ASIAA)及美國國家電波天文台(NRAO)合作執行。目前本會已支助 95-102 年之計畫，今(102)年 3 月 13 日於智利舉行 ALMA 啓用典禮。

### 三、目的

本會參與美國 NSF 主導之 (ALMA-NA)北美計畫於 97 年 10 月 27 日由我駐美國代表處與美國在台協會完成簽署「臺美天文及天文物理研究合作協定」及其執行辦法。該合作協定之主要具體目標為從事能加強美國與臺灣雙方在天文及天文物理領域方面的研究能力之合作活動；支持美國與臺灣的機構之間在天文 ALMA 計畫的合作；交換 ALMA 興建與運轉方面的技術性與科學性協助；允許雙方從事天文及天文物理方面的科學與工程合作；允許美國在台協會 (AIT) 指定代表美國國家科學基金會(NSF)與駐美國代表處 (駐美國台北經濟文化代表處) (TECRO) 指定代表本會之間的原料與資訊交換以及技術轉移；促進共同考慮科學與技術交換計畫。並在 NSC-NSF 合作架構下，俾以代表國身份參與決策會議，建立本會(NSC)與美國國家科學基金會(NSF)進行長期之合作，有助於加強台美之科技外交關係。阿塔卡馬大型毫米波/次毫米波陣列為陣列式電波望遠鏡，位於智利北部的海拔高達 5000 米且乾燥的阿塔卡馬沙漠上之查南托高原。主要是由 66 個 12 米和 7 米直徑的電波望遠鏡組成，所觀測的波段為毫米和次毫米波波長，科學目的在於了解早期恆星的誕生及取得恆星和行星的詳細影像。由於 ALMA 陣列式電波望遠鏡是位於南半球之地理位置，故可彌補現今北半球望遠鏡無法觀測的重要天體，並可對南天範圍中之星雲做深入的研究及了解。

阿塔卡馬大型毫米波/次毫米波陣列為陣列式電波望遠鏡計畫主要國際合作團隊為歐洲、北美、加拿大、日本、台灣及智利。目前為全世界耗資最高的地面望遠鏡，成本超過了 10 億美元。ALMA 計畫主要部分是一個北美洲由美國國家無線電波天文台為首，與歐洲地區由歐洲南方天文台為首，所共同合作的國際性計畫。歐美合作的計畫內容為興建六十六台直徑為十二米之天線座落於基線可達十公里長的基地。而後日本的加入，另外建造七米的電波望遠鏡。

本會為了提升國內天文觀測技術及研究的競爭力，經規劃評估後，決議參與 ALMA 計畫，共同透過 ALMA 陣列式電波望遠鏡，與世界各國天文學家分享此種毫米/次毫米天文觀測的結果，共同為天文學開拓突破全新的研究領域。該 ALMA 計畫完成後，將提供超廣頻寬之接收信號頻率範圍、高靈敏度的接收微弱信號能力、以及高解析度的分辨細微結構能力。其靈敏度約為現今最佳毫米及次毫米波段望

遠鏡的百倍以上，而其解析度達 10 毫秒弧 (milli-arcsecond)，約達極大電波望遠鏡陣列 (VLA) 與哈柏太空望遠鏡 (HST) 十倍之多。因為 ALMA 計畫與哈柏太空望遠鏡或是其他地面光學望遠鏡不同之處在於其涵蓋了 30GHz 至 950GHz 毫米次毫米波，故可以研究此波段所觀測之天體重要的物理與化學現象。ALMA 龐大數量的陣列基線，已為全球在毫米及次毫米波段天體觀測成像能力最強大的電波望遠鏡，因此如此儀器將對天文科學研究有革命性的進展。而 ALMA 計畫最主要的科學研究課題是在於了解宇宙中包含星系、恆星、或行星等種種天體的起源，其中包括了第一代形成星系、被星際塵埃所遮蔽之遙遠星驟增星系和其鄰近分子雲及各階段的恆星與行星系統的科學研究。

本會朱主任委員係接受ALMA主委Dr. Mattheus de Graaue 及美國國家科學基金會(NSF)主委Dr. Subra Suresh邀請，由牟副主任委員率團訪問智利參加國際阿塔卡馬大型毫米波/次毫米波陣列(Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array, ALMA)計畫竣工啓用典禮。



## 四、行程規劃及達成目標

駐華府科技組長於與會前，多次與美國國家科學基金會協調開會規劃並安排本會長官邀請函等相關事宜，另負責此次ALMA 計畫落成啓用典禮與會中，多次安排本會長官與美國國家科學基金會長官會面，成功促進台美雙方交流合作事宜，並積極負責安排牟副主委出席ALMA -NA 的記者會，牟副主委於該記者會之發表，已促使國際媒體了解台灣對該計畫之國際合作研究的重要貢獻，實為成功的科技外交。另外，國合處同仁於與會前，充分與駐外單位配合溝通，連絡外交部之智利代表處接待事宜，配合本會公務需求，規劃安排本會長官之邀請函等相關事宜，詳細負責此次ALMA 計畫落成啓用典禮與會之行程規劃事宜，並安排智利代表處人員陪同參加，以解決語言溝通問題，促使本團團員在這次參加 ALMA 計畫落成啓用典禮能順利圓滿完成所賦予的任務，實為此次與會的幕後功臣。

徐愛佳助理研究員為該計畫之業務承辦人，並曾負責該計畫之國際合作簽約事宜。今負責此次ALMA 計畫落成啓用典禮與會中，本會長官與學者間溝通的橋樑，並提供該計畫之相關學術研究審核等資料，以利本會長官確實於現場實地訪視查核該計畫的研究成果，對於未來該計畫運作推動擬訂有所助益。另外，負責搜集及拍攝此次出訪中的相關資料，成功於記者會中提供簡報資料，以展現該計畫對台灣國際合作科技外交的重要貢獻成果。

林宗泰處長負責此次ALMA 計畫落成啓用典禮參與中之組織統整協調工作，成功完成與會任務，並了解該計畫之相關國際參與貢獻及相關學術研究成果等資料，與牟副主委共同確實於現場實地訪視查核該計畫的研究成果，對於未來該計畫運作推動擬訂有所助益。與會中，與各國科技官員溝通交流，成功拓展國際合作業務。回國後，成功地於記者會中向我國媒體以簡報方式展現該計畫對台灣國際合作科技外交的重要貢獻成果。

## 五、過程詳列

Date	Time	Programs
3/10	23:30	牟副主委及林處長2人搭BR-28自台北出發

(日)	23:40	徐愛佳搭CI-04自台北出發
	19:30	兩路人馬抵舊金山
3/11 (一)	08:45	在下榻的旅館安排Breakfast meeting 如下, 邀請名單: Dr. Alexander Chao (趙午院士,龍門計畫合作單位) Dr. Tsung-Yu He (何宗諭醫師, STB培訓班班長)
	-10:15	
	12:45	搭LA-2609 from SFO to Lima
3/12 (二)	00:05	抵利馬
	01:30	搭LA-601 from Lima to Santiago
	06:55	抵聖地亞哥
	10:45	搭LA-344 from Santiago to CALAMA
	12:50	抵卡拉馬
		從卡拉馬到San Pedro de Atacama (SPdA)
		Check in hotel ~ the Casa de Atacama旅館
	下午自由行程(團員準備資料)	
3/13 (三)		早餐
	09:15	自旅館出發 赴Operations Support Facility (OSF)
	10:30	Arrive at the OSF (海拔2900公尺) Welcome and arrival registration Reception
	11:30	Inauguration Ceremony
	-13:15	11:30 -11:35 Opening remarks by master of ceremony ALMA Executive Officer Paulina Bocaz 11:35 -11:45 Welcome and introduction by ALMA Director Thijs de Graauw 11:45 -11:55 ALMA science and latest results by Chief Scientist Ryohei Kawabe 11:55 -12:05 Speech by NSF Director Subra Suresh 12:05 -12:15 Speech by MEXT Senior Vice Minister Teru Fukui 12:15 -12:25 Speech by ESO Director General Tim de Zeeuw 12.25 -12:35 Local community presentation 12:35 -12:50 Speech by President Sebastián Piñera 12:50 -13:15 Inauguration milestone, President Sebastián Piñera
13:30	Lunch	
-		
15:00		
15:00	Afternoon activities	

		Guided tours at the OSF: once lunch is finished, invitees will be invited to join the tour by group number which appears on their badge. All tours will be in English, Spanish and Japanese. Participation is optional.
	16:00 -16:30	台灣參與 NSF 的 ALMA-北美記者會
	17:00	Departure of buses for groups A and B to Calama Departure of buses for groups C through J to San Pedro Invitees are kindly requested to take the bus with their group letter, which appears on their badge.
		Return to Casa de Atacama hotel
3/14 (四)	07:30	自旅館出發Group 2經OSF赴Array Operation Site (AOS) (總計約1小時)
	08:45- 11:00	Departures busses from OSF to AOS Guided tours to AOS building and antenna array
	12:00 - 14:15	Departures from OSF to San Pedro and Calama
		下午先回旅館再出發赴機場
	19:45	搭LA-357 from CALAMA to Santiago 牟副主委/林處長/徐愛佳/DC張組長/Chile李組長
	21:45	抵Santiago (駐智利代表處王代表協助轉機)
	23:50	牟副主委與林處長及愛佳3人搭LA-602 from Santiago to LA
3/15 (五)	08:35	牟副主委與林處長及愛佳3人抵LA
	10:00 -12:00	牟副主委與林處長及愛佳至Solarmer Energy Inc. President Woolas Hsieh 3445 Fletcher Ave. El Monte 626-321-3933, 626-443-6818
	12:15- 12:30	Group A: 愛佳赴LAX
	15:30	搭CI-05 from LA to Taipei
3/16 (六)	00:10	Group B: 牟副主委及林處長搭BR-15 from LA to Taipei
	21:10	Group A: 徐愛佳抵台
3/17 (日)	05:40	Group B: 牟副主委及林處長抵台



## 六、過程實況報導

### (一) 歡迎儀式

a) ALMA 落成啓用典禮的歡迎標誌



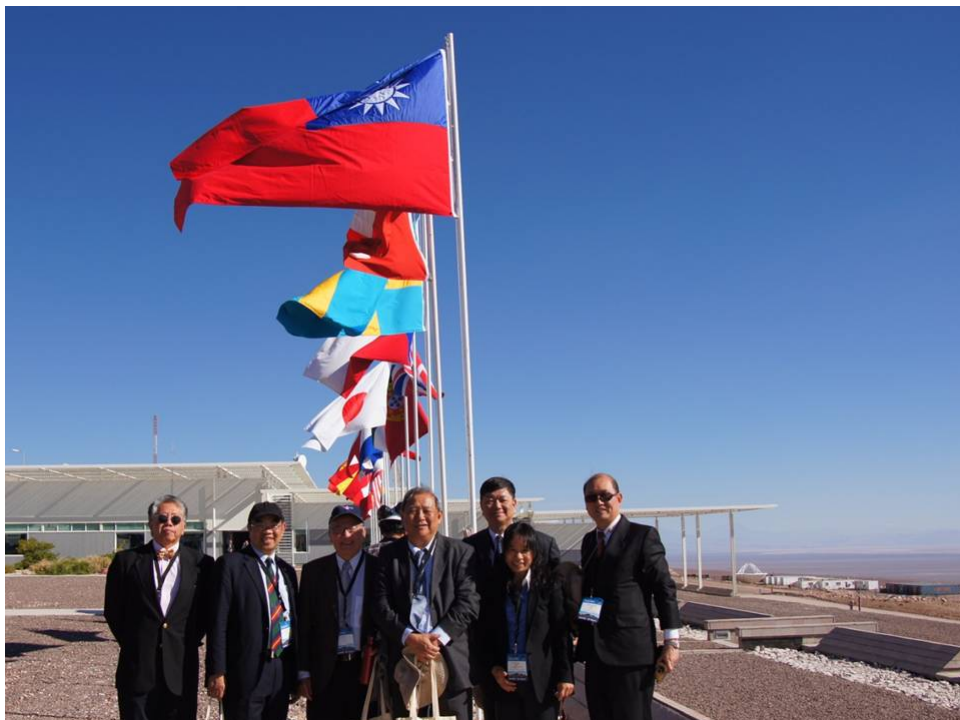
b) 大批媒體及近二十個國家 350 位科學家及支助國政府官員應邀參加之盛會



c) 落成啓用典禮與會情形



- d) 我們的國旗及多位重量級天文院士如前美國電波天文台台長魯國鏞院士，前清華大學校長徐瑕生院士，東華大學校長吳茂昆院士，中研院天文所所長賀曾樸院士，參加與會。



從 1998 年五月至今，將近 15 年的集資跨國興建努，終於大致完工。來自全世界天文物理學家，開始啓動了這個計畫，此次開幕典禮將近二十個國家 350 位科學家及支助國政府官員應邀參加。藉由參與此盛會，將利用科技關係，有效拓展國際關係，達成科技外交的使命。

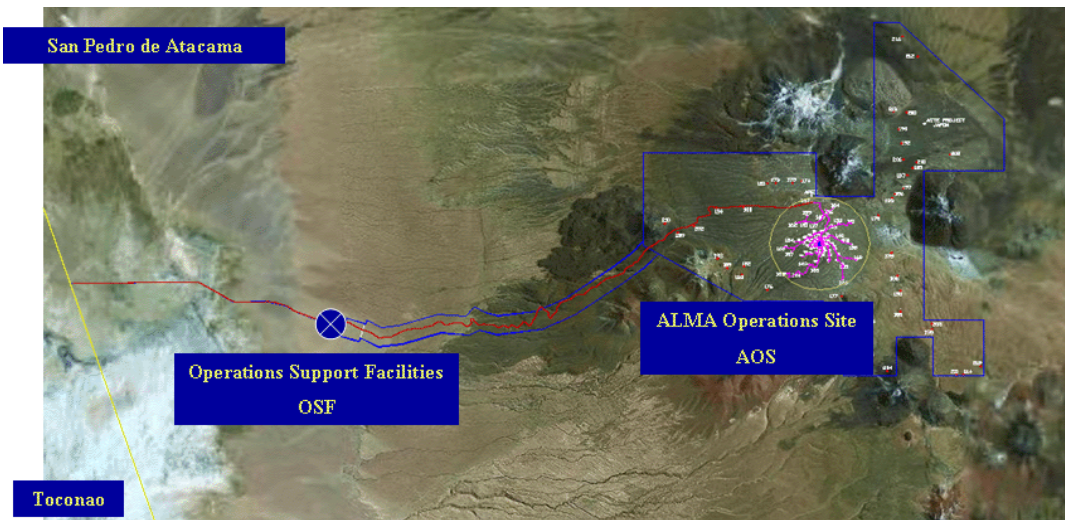
國科會代表團由牟副主委率團參加，另有多位重量級天文院士如前美國電波天文台台長魯國鏞院士，前清華大學校長徐珣生院士，東華大學校長吳茂昆院士，中研院天文所所長賀曾樸院士，參加與會。美國團則由國家科學基金會主席率團。

## (二) 典禮位置

- a) 搭機停在卡拉馬機場， 住宿在其東南方 100 公里 San Pedro de Atacama 的村落
- b) 運轉支援中心位於 San Pedro de Atacama 約 40 公里處即啓用典禮的地點



c) 而再行駛 40 公里可至望遠鏡陣列為於 5000 公尺的高原上



### (三) 運轉支援中心

a) 運轉支援中心的望遠鏡將在此做維修及測試





b) 運轉支援中心的鳥瞰圖



c) 望遠鏡陣列



#### (四) 運轉支援中心及陣列台址

- a) 望遠鏡陣列在海拔 5050 公尺安第斯山脈查南托高原(Chajnantor plateau)  
上



- b) 在海拔 5050 公尺溫度近零度與望遠鏡陣列，該望遠鏡陣列位於乾燥之高原上



## (五) 台灣參與的貢獻-書面大會議程及手冊

### a) 開幕議程手冊中，列出台灣參與的貢獻



### b) ALMA-東亞列出中研院的貢獻

## EAST ASIA

SHARE IN ALMA'S CONSTRUCTION COST: 25%

East Asia's participation in ALMA is managed by the National Astronomical Observatory of Japan (NAOJ) on behalf of Japan and Taiwan. The work is funded by the East Asian ALMA partner, the National Institutes of Natural Sciences (NINS) of Japan, in cooperation with the **Academia Sinica (AS) in Taiwan**.


Entering the ALMA partnership in 2004, East Asia brought a powerful new capability to ALMA in the form of the Atacama Compact Array (ACA), which provides ALMA with a critical capability for observing the emission from extended, diffuse clouds of gas and dust in space.

East Asia's major contributions to the ALMA project include:

- Four 12-meter ACA dish antennas
- Twelve 7-meter ACA dish antennas
- ACA Antenna Pad Interfaces
- Front End Integration
- Band 4 receiver cartridges
- Band 8 receiver cartridges
- Band 10 receiver cartridges
- ACA Back End components, including oscillators and Optical-Digital Transmission System
- ACA Correlator
- Software

c) ALMA-北美列出國科會的貢獻


**NORTH AMERICA**  
SHARE IN ALMA'S CONSTRUCTION COST: 37.5%



North America's participation in ALMA is coordinated, on behalf of the United States, Canada, and Taiwan, by the National Radio Astronomy Observatory (NRAO), which is managed by Associated Universities, Inc. (AUI). The work is funded by the North American ALMA partner, the US National Science Foundation, in cooperation with the National Research Council of Canada (NRC) and The National Science Council of Taiwan (NSC).

North America's major contributions to the ALMA project include:

- 25 of ALMA's 12-meter dish antennas
- The AOS Technical Building
- Roads at the AOS
- AOS power distribution and fiber optic networks
- Optical Pointing Telescope (used in antenna testing)
- 5 Nutators (used for fast switching between observed source and sky for subtraction of sky noise)
- Front End Servicing and Handling Vehicles
- Band 3 receiver cartridges
- Band 6 receiver cartridges
- Local Oscillator assemblies and other components



## (六) 台灣參與的貢獻-開幕典禮

a) 開幕典禮中，智利總統以地主國身分主持及接待各國代表



b) 日本及美方代表皆表彰台灣在此大型研究計畫所扮演的重要角色。尤其是日本文部科學省副部長 Teru Fukui 鉅細靡遺地將台灣在此國際科學合作中硬體方面的重要貢獻公諸於世。



## (七) 台灣貢獻 ALMA-北美記者會

- a) 開幕典禮結束後，應美方之邀，牟副主委中原於現場參加美方記者會。參與記者多為北美的媒體，與會中牟副主委中原闡述我國參與大型國際合作計劃的意願，在參與大型計畫的過程中，除了提供國內學者的學術研究外，並有機會從中學習技術整合及儀器製造的相關技術。



- b) 記者會結束後，媒體採訪計畫主持人賀曾樸院士。



## (八) ALMA 落成啓用典禮圓滿成功的科技外交

a) 牟副主委中原與日本文部科學省副部長 Teru Fukui 交流



b) 牟副主委中原與美國國家科學基金會主席 Subra Suresh 的會談



c) 牟副主委中原接受美國國家科學基金會副主席 Fleming Crim 的感謝信函



大型國際合作計劃的建立，由開始到可以運轉執行多要長達十年的歲月才能達成，一定要多方面的配合，及持續性的推動才能完成，因此需要中研院及國科會雙方共同努力，才能達成既有的目標及任務。此次出差，除了深刻了解 ALMA 計畫未來運作情形及預期成果外，亦與多國高層代表會談，已有效提升國際能見度及科技合作契機。



## 七、該計畫之成果及執行概況

102年3月1日由中央研究院天文所(ASIAA)賀所長曾樸報告ALMA計畫之科學研究相關事宜。會中簡述我國在ALMA北美的國際合作計畫中所提供了重大的貢獻，同時初步也獲得了優良的成果。而在技術創新方面上，我國與國內的工業界合作，成功地設置了東亞前段整合中心，負責進行接收機前段次系統的裝配、測試評估與校準。此前段整合中心全球計有三處，分別位於歐洲、美國與台灣，而此三個前段整合中心中，以台灣的整合中心的運轉效率最為優良，台灣已經完成十七套東亞部份之接收機前段次系統的整合且交付運送，並進一步與北美合作，著手進行整合五套原本應由北美前段整合中心所負責的前段次系統。

在學術研究成果上，ALMA陣列之早期科學運轉階段，我國之天文研究學者，皆投入ALMA計畫之科學研究，第一次之早期科學運轉計畫900件申請案中，全球評定第一優先之觀測計畫書計112件，其中有十份來自台灣，第二次2012年早期科學運轉計畫1133件申請案中，全球共有196件計畫獲選，台灣之計畫計有14件。另外，ALMA-台/美合作方面，我國正在興建五座章動式次反射鏡並負責整合五套接收機前段次系統。已完成兩輛接收機前段系統維修服務車，並已提送雷射頻率產生器(ALS)的後續研發計畫書。



在 2008 年，台灣已經成功完成「東亞接收機前段整合測試中心」的設立，並且已成功運送第一台完成整合的「接收機前段次系統」到智利。同時分別於德國與美國的 ALMA 軟體發展部門進行研發軟體部分。台日之間的 ALMA 雙邊科學研討會，大約每六個月在台灣與日本之間交錯舉辦。舉辦國際性的 ALMA 科學研討會議。在工業技術方面，中山科學研究院航空發展研究所為「東亞接收機前段整合測試中心」的一流承包商，而另有國內公司為 ALMA 「nutating subreflector；次反射鏡」的得標包商。



ALMA 計畫近三年來主要之成果貢獻

a) 2009 年 4 月至 2010 年 3 月之成果貢獻

1. 完成交付第二套接收機前段次系統至智利之 ALMA 台/美計畫
2. 研發雷射頻率產生器 (ALS)於 ALMA-台/美合作計畫，
3. 於台灣中研院天文所建置 ALMA 區域研究中心 (ARC) 成為「ALMA-臺灣」支站
4. 中研院舉辦第一屆「ALMA-臺灣」使用者研討會
5. 參與啓動智利基地運轉，同時參與 ALMA 測試運轉與科學驗證工作

b) 2010 年 4 月至 2011 年 3 月之成果貢獻

1. 成功完成交付第 3 組至第 7 組共計五套接收機前段次系統至智利之 ALMA 台/美計畫
2. 由台灣的東亞接收機前段次系統整合測試中心完成兩組平行測試裝配線建置
3. 台灣已完成交付研發完成之雷射頻率產生器 (ALS) 的測試模組
4. 中研院天文所舉辦第二屆「ALMA-臺灣」使用者研討會以及多次小型使用指導說明會
5. 於智利基地持續推動支援於智利之 ALMA 測試運轉與科學驗證，以及接收機前段次系統運送交付等工作項目



c) 2011 年 4 月至 2012 年 2 月之成果貢獻

1. 中研院天文所已完成 17 套接收機前段次系統並於 2011 年底前交付運送 ALMA-台/日合作計畫
2. 天文所已著手為「ALMA-北美計畫」再整合五套接收機前段次系統
3. 中研院成功整合本地振盪器參考訊號源模組(Reference Test Module)，提升為前段次系統進行測試的效率
4. 已提送由本所主導之第一波段 (Band-1) 研發計畫給 ALMA 董事會審核
5. ALMA 區域研究中心 (ARC) 臺灣支站的活動--準備第一階段早期科學觀測之觀測計畫書
6. 在爭取觀測時間上，在 112 份評定為最高優先的觀測計畫書中，有 8 份由臺灣提出，相當於取得總觀測時間中的 6%。
7. ALMA 的兩輛接收機前段系統維修服務車分別於 2011 年 8 月及 12 月運抵智利。



## 人力部分

ALMA 計畫台灣的執行團隊可大致分為以下數個群組：(1)計畫主持人

專案管理團隊，其主要工作內容為管理資源的調度、與 ALMA 伙伴國家的互動、台灣計畫任務協商，與工業界合作伙伴互動，科學目標的研究執行等；(2)專案工程團隊，其主要工作內容為監督各項在台灣工業界、各大學、和中研院天文所執行的科技專案；(3)科學團隊，其主要工作內容為 ALMA 儀器啓用測試與調校，且為台灣在 ALMA 使用上，安排科學觀測的時程；(4) 大學團隊，其工作內容主要是為未來在 ALMA 上執行科學研究任務上做準備，取得觀測時間。

## 八、心得及建議事項

人類爲了了解宇宙天體的科學研究，各世界先進國家不斷建造科技尖端的儀器，使宇宙天體能看得更清楚且看得更遙遠，以增加靈敏度及追求解析度，如此的科技經費投資，除了提供科學課題之用，另一方面也據此推動相關技術發展。我國天文科學研究從多年前起，皆採取重點發展策略，目前天文科學研究領域已在國際上佔有一席之地。目前正在智利北部 Atacama 沙漠中海拔 5000 公尺之 Chajnantor 高原興建的 Atacama 大型毫米及次毫米陣列 (ALMA) 計畫，乃是有史以來最大規模的地面天文台計畫。

近年來台灣一直爲 ALMA 計畫做努力，由美國史密松天文台(SAO)與中研院天文與天文物理研究所共同合作位於夏威夷毛納基峰上八座六米的次毫米波望遠鏡組成陣列(The Submillimeter Array, 簡稱 SMA), 爲 ALMA 的先驅者。而 ALMA 計畫其具有更強的研究威力，但其許多次毫米波陣列運用的科技規格及觀測的科學目標兩者類似。而自 2003 年次毫米波陣列啓用以來，台灣每年皆使用約總觀測時間 15%進行科學上的研究。其論文數目在近年來亦有穩定成長。因此可以推估台灣在 ALMA 科學方面的競爭必具相當的優勢。藉由 ALMA 研究計畫，天文學家可進一步詳細研究各種天文研究課題，亦將整合國內天文研究團隊能量進行高衝擊效應之科學課題。

### SWOT 分析

#### 1. 優勢 (S) strength

我國天文研究之水準近年來已有長足的進步，在重點式的策略研究發展，並有效結合有限的人力與財力，以重點領域切入，藉以發揮最大的學術影響力。而天文學研究人員的人數也增加數倍，觀測設施也陸續地完成建構，除了有世界最先進

的次毫米陣列望遠鏡 AMiBA，於台灣亦有鹿林山天文台。我國天文界已累積優越的研究經驗以及堅強的研發能量，故有足夠的能力可執行最前緣的研究計畫。

ALMA 是一具有前瞻性且有高科學回報的計畫，將足以使我國天文研究水準在亞洲甚至全球居於前導地位，也在世界上具備了高能見度。

## 2. 劣勢 (W) weakness

整體而言，我國國內的天文研究人數仍嫌不足，然而爲了執行國際大型計畫必須一方面爭取世界各地優秀人才前來我國參與 ALMA 相關之研究工作，另一方面要積極培養國內的天文人才。然而在我國目前參與之 ALMA 計畫極具科學影響力及國際能見度，故亦可藉此有效地吸引優秀人才來台從事天文研究。

## 3. 機會 (O) opportunity

我國研究時變天文現象乃爲我國獨特的科學貢獻研究領域，目前可見光天文學我國正在進行的幾項計畫，例如中美掩星計畫、超新星、迦瑪射線源、X 射線雙星等研究皆有卓越的研究成果及貢獻。今由中央研究院所主導之 ALMA 計畫已完成建造之大型電波望遠鏡陣列則將提供研究上述研究發現的重要科學研究儀器。此 ALMA 計畫對我國天文科學的研究在國際舞台將扮演重要角色。此外，ALMA 所帶來研究貢獻除了增加天文學家對已知天體的了解，亦可透過所有天文學家分享此種毫米／次毫米天文觀測的結果，爲天文學開拓突破全新的研究領域。

## 4. 威脅 (T) threat

我國參與 ALMA 國際合作研究計畫，與世界一流學者同台競技，其最大的挑戰在於如何能不斷提升自己的研究潛力及動能。日本天文學家達五、六百人，水準遠遠領先亞洲各國，與歐美並駕齊驅；韓國天文學家人數亦達百位，人才培育是刻不容緩的問題。

目前我國之博士後、資淺幹部、工程師及研究生們都已經由實際參與 ALMA 計畫

執行，並獲得有效的訓練，取得整體系統的研究開發經驗。我國研究相關人員參與 ALMA 計畫中所有階段的工作，從軟硬體研發到科學研究，將足以大大提升我國的天文科學相關研究能力。另外，中央研究院天文研究所亦持續與各大學密切合作，目前中央研究院天文研究所位於台灣大學校總區內，部分研究人員參與台大教學課程及研究生的論文指導，並於各大學開設天文課程，指導碩士生及博士生從事天文研究。亦曾透過相關研究專題計畫，中央研究院天文研究所與台灣大學物理系及電機系進行學術合作、與中央大學合作發展中美掩星計畫（TAOS）、亦與清華大學天文所共同合作研究。因此可預見的是天文研究將於全國各大學活絡起來，假以時日將有更多的專家學者投入 ALMA 相關之天文科學研究領域。

另外，透過在 Atacama 大型毫米/次毫米陣列的建立與運轉，國科會將與美國國家科學基金會進行長期合作。這將使我國的研究團隊得以與國際一流研究機構緊密長久的結合形成主流齊頭並進。建構天文大型研究設備所需經費比起其他學門領域高了許多，故國際間之大型天文設備皆是集資跨國興建，參與國家皆必須達到一定的投資門檻，因此若國內天文要與國際間共同合作，必須投資相當金額之經費。雖天文投資需要較高的科研經費，但其在建造天文設施之際，同時可帶動我相關精密產業研究技術的提升，亦可提升我國相關科學研究技術的素質，因此除了天文研究領域受惠外，同時國內產學研各界亦可共同受惠。

我國參與國際合作大型研究計畫 Atacama 大型毫米波陣列望遠鏡計畫（ALMA），將可全面提升我國科技研發技術能力，有效培育我國年輕學術研究人員。同時，亦可提升我國之國際形象，並加強與世界其他各先進國家之學術研究合作，進一步提升國內相關研究團隊的支援能力，並與國際間一流團隊維持長期且緊密的研究合作。

## 建議

1. 提早規劃設計及推動我國對 ALMA 計畫的科學研究，以取得科學觀測時間。
2. 國內研究學者應加強與國外相關研究團隊組成 ALMA 研究課題小組，以積極參加討論，主動提出 ALMA 相關合作課題。



3. 主導 ALMA 相關天文科學課題，提高我國學術能見度，取得國際領先地位。
4. 利用 ALMA 相關計畫的成果，讓社會大眾瞭解宇宙天體，並珍惜自然環境。
5. 培養多名國內博士生，以 ALMA 相關天文計畫的資料進行尖端課題研究。
6. ALMA 計畫所參與 ALMA－北美團隊部分，台灣將貢獻等同於 2 座的 ALMA 12 米天線。為提昇國內研究與技術發展，已簽訂可有一半以上之建構工作將在台灣進行，將帶動我相關精密產業研究技術的提升。
7. 透過參與 ALMA 北美團隊，台灣的天文研究人員可提出觀測研究計畫申請使用北美所擁有的觀測時間，將鼓勵國內天文學者從事相關研究課題。
8. ALMA 計畫未來 15 年內，將是全球最具威力的高解析次毫米波陣列，預計可在恆星形成、天文化學、天文生物、早期年輕星系等課題上可有重大成果。期待我國有優秀的研究成果產出。

本次與會已確實了解 ALMA 計畫未來之運轉計畫與預期科學研究成果，並與多國高層代表進行國際科技合作會談，已有效提升我國國際能見度及科技合作契機。

#### <<參考資料>>

國科會之Atacama 大型毫米波陣列望遠鏡計畫書、研究成果報告

## 九、順道至太陽能實驗相關公司心得及建議

1. 科技部應以創新為主要考量重點。
2. 學界與業界間的鴻溝要填補。
3. 該公司手機及 I-pad 的太陽能電池，特點為即使在室內亦可充電。



4. 該公司背心式 太陽能電池，可將電力傳送到手機。可當行動電源。



5. 該公司帳篷 太陽能電池。



6. 該公司溫室太陽能電池，特點為透光率高。



7. 該公司玻璃附著之太陽能電池壽命可達十年。

8. 該公司塑膠附著之太陽能電池壽命達三到四年。

9. 該公司製程過程不會產生汙染，可視為綠能產業。

## 十、附錄-美國國家科學基金會副主席 **Fleming Crim** 給予牟副主委

### 中原的感謝信函

Dr. Mou Chung-Yuan  
Deputy Minister  
National Science Council  
106, Sec 2, HoPing East Rd  
Taipei 10622  
Taiwan, R.O.C.

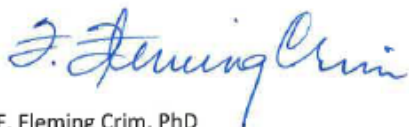
March 13, 2013

Dear Dr. Mou:

On the occasion of the inauguration ceremony of the Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA) Observatory, I write to express sincere appreciation on behalf of the U.S. National Science Foundation for the active participation and decisive leadership from the Taiwan National Science Council. Their vision and support have been key in creating ALMA, the world's largest and most advanced ground-based astronomy observatory.

The National Science Foundation has enjoyed years of fruitful collaboration with the National Science Council, to the benefit of both of our scientific communities, as well as the benefit of future generations of scientists from the US and from Taiwan. Thank you very much for your partnership.

Sincerely,



F. Fleming Crim, PhD  
Assistant Director for Mathematical and Physical Sciences  
National Science Foundation