



2008年第七屆兩岸核能技術交流研討會

核子工程與科學之人才培育

清華大學	原科院	潘 欽	院長
	工科系	李 敏	主任
	核工所	薛燕婉	所長
	工科系	施純寬	教授
	工科系	開執中	教授
	工科系	蔡春鴻	教授

2008 年 2月

國立清華大學復校與清華水池式反應器

- 1956年國立清華大學在新竹復校
- 首先成立原子科學研究所
- 購置清華水池式反應器



台電核能發電訓練班

- 配合原子能和平用途發展，政府於1968年編列120億元為10年科技發展經費。1968年編列10億元，其中半數為發展原子能之用。
- 1968年暑假委託清華代辦核能發電訓練班。
- 1978年，原由Oregon State University負責的核工技術課程改由清華大學擔任。
- 到1981年止共有1092人次台電員工參加清華的訓練班。
- 朱寶熙經理貢獻最大。核能學會成立朱寶熙獎。



資料來源:翁寶山，2004，核子工程系四十年回顧，International Symposium on Nanotechnology and Energy, April 24, Hsinchu, Taiwan, ROC

國立清華大學移動教學反應器與核能教育

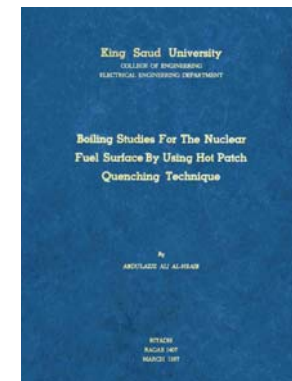
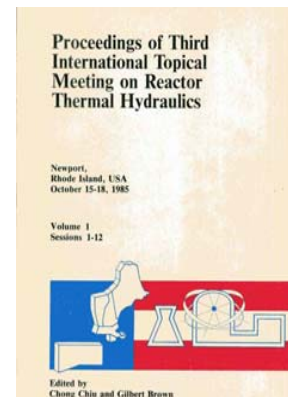
- 由核工系曾德霖教授主持建造。
- 1973年2月開始興建，1975年11月19日臨界，2003年除役。
- 安裝在一輛特製的「反應器托車」上，另借有一儀器托車，可以巡迴各校從事核能教育與研究。
- 自民國64年(1975)已有數千位不同學術背景的人士曾用此設備接受訓練。



資料來源:翁寶山，2004，核子工程系四十年回顧，International Symposium on Nanotechnology and Energy, April 24, Hsinchu, Taiwan, ROC

協助沙島地阿拉伯成立核子工程研究所

- 1983年，沙島地阿拉伯首都利雅德的紹德國王大學 (King Saud University) 電機系籌設核子工程研究所。
- 選派教授到沙島地阿拉伯任教。
- 指導研究生的碩士論文約有十餘篇。

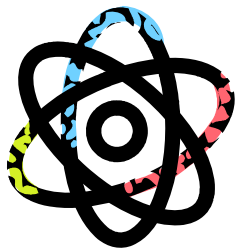


資料來源:1.翁寶山，2004，核子工程系四十年回顧，International Symposium on Nanotechnology and Energy, April 24, Hsinchu, Taiwan, ROC
2.白寶實，Boiling Studies For The Nuclear Fuel Surface By Using Hot Patch quenching Technique，國立清華大學工程與系統科學系

Colleges in NTHU



NTHU: A research University
Faculty: 693
Undergraduate: 5,114
Graduate (MS): 3,481
Graduate (Ph.D.): 2,045



College of Nuclear Science

Department of Engineering
and System Science

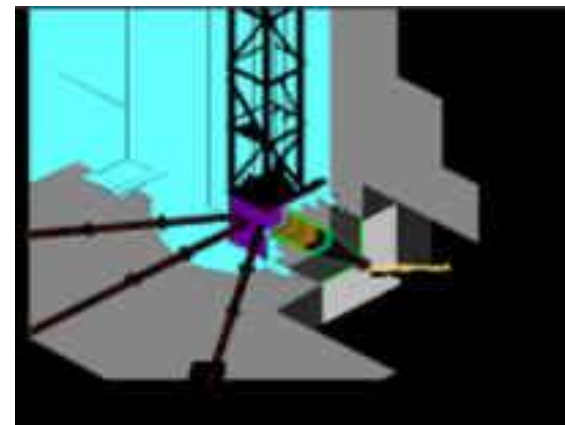
Department of Biomedical
Engineering and Environmental
Sciences

Nuclear Science and
Technology Development
Center

Science and Technology of
Synchrotron Light Source

Institute of Nuclear
Engineering and Science

Taiwan International Graduate
Program on nanotechnology
(PhD program, in collaboration
with Academia Sinica)



RESEARCH AREAS of ESS

- Nuclear Engineering and Radiology
- Electronic and Plasma Engineering
- Heat Transfer and Energy Engineering
- Nano-Engineering and Materials Science
- MEMS / NEMS



Faculty : 31+4

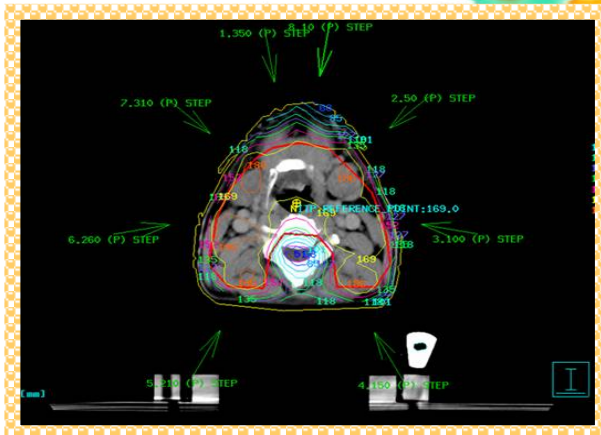
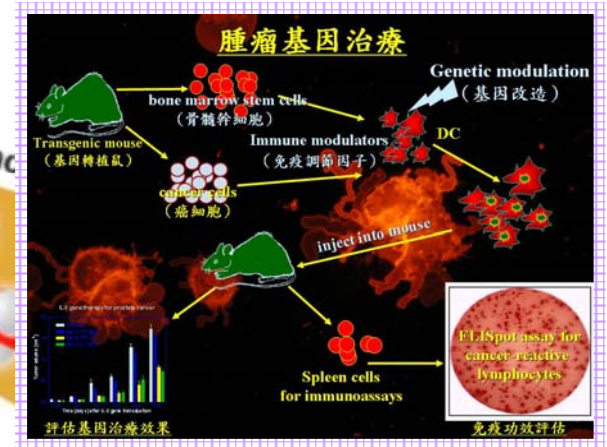
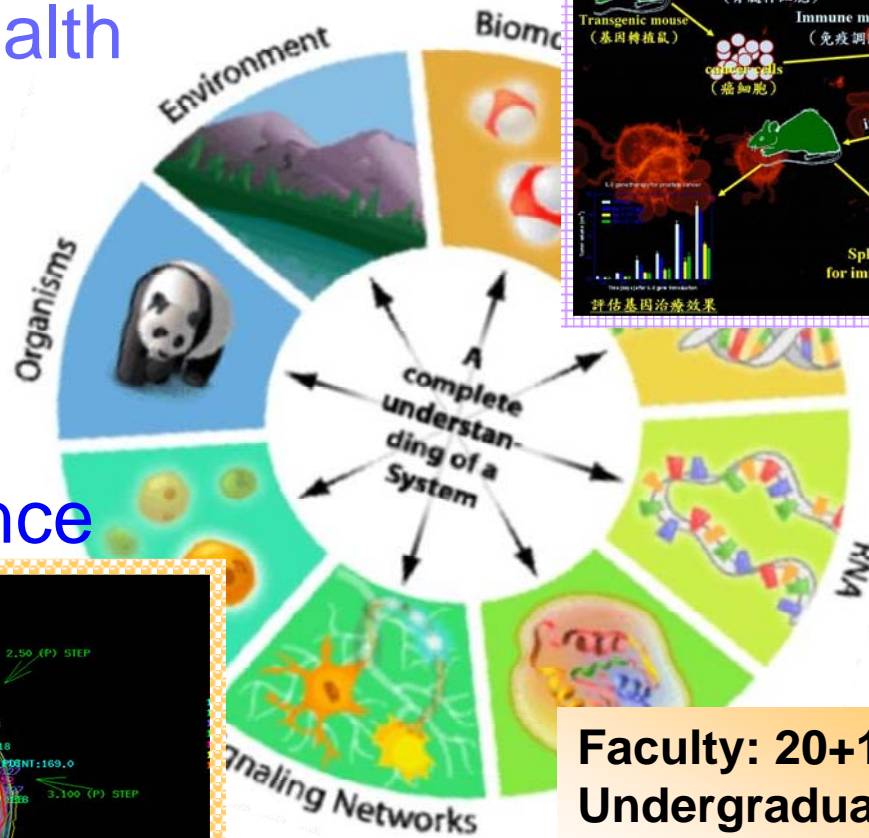
Undergraduate : 406

Graduate (MS): 199

Graduate (Ph.D): 97

RESEARCH AREAS of BEE

- Medical and Health Physics
- Molecular Biophotonics
- Environmental Molecular Science



Faculty: 20+1
Undergraduate : 156
Graduate (MS): 94
Graduate (Ph.D.): 59



核子工程與科學研究所主要研究方向

● 核電廠工程

- 核電廠提升運轉功率技術
- 核後端營運技術
- 新型核電廠及核能產氫
- 風險分析與告知之應用
- 核電廠延壽
- 核電廠水化學

● 核子科學與輻射應用

- 硼中子捕獲方法用於癌症治療之研發
- 中子散射技術發展與應用研究
- 保健物理、放射化學、輻射生物
- 醫學物理、影像



Faculty: 31 (合聘)
graduate : 15



原子科學院的一些傑出校友

陳守信（原子科學研究所，1958）

美國麻省理工學院核工系教授

李遠哲（原子科學研究所，1961）

中央研究院長 1986諾貝爾獎化學獎

許明德（核子工程學系，1968）

清華大學校友會理事長

自強工業科學基金會董事長

立偉電子股份有限公司董事長

金聯舫（核子工程學系，1968）

台積電全球業務暨服務資深副總經理

蘇獻章（核子工程學系，1968）

原子能委員會主任委員

陳文村（核子工程學系，1970）

國立清華大學校長

陳貴明（核子工程學系，1970；核子工程研究所，1973）

台灣電力公司董事長

郭位（核子工程學系，1972）

美國田納西大學工學院院長、中央研究院院士，美國國家工程院院士



Nuclear Science and Technology Development Center

**Nuclear Reactor
Division**

**Health Physics
Division**

**Isotope
Division**

**Instrument
Division**

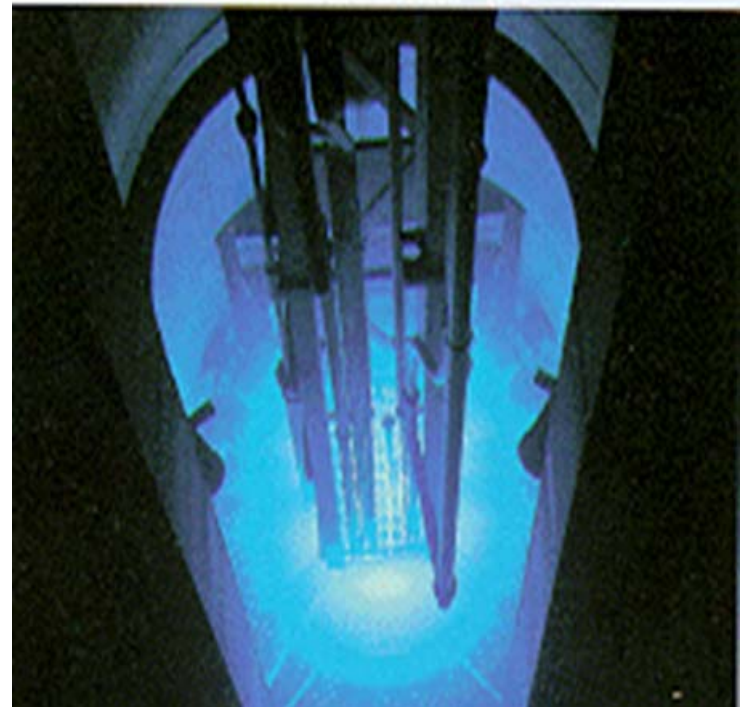


Research:

- ◆ Neutron Beam Applications
- ◆ Boron Neutron Capture Therapy
- ◆ Neutron Radiography
- ◆ Corrosion and Electrochemistry of Nuclear Materials

Services :

- ◆ Provide Neutron Irradiation for Research and Training
- ◆ Provide Nuclear Reactor Education and Operation Training
- ◆ Provide Nuclear Related Information to the Public



THOR- 清華水池式反應器
First Criticality on April 14 of 1961



Capabilities of NSTDC of NTHU

Manpower:

Total: 50 full time researchers and staff
(27 employees, 21 contractors)
(14 PhD., 7 M.S.)

Major facilities:

2 MW THOR
van de Graff Accelerators x2
Ion implanter 500 kV with ion scattering equipment
25 MeV electron accelerator for free electron laser
30 k Ci ^{60}Co irradiation facility
Radiochemistry & Radio-biology Labs.
Health Physics Labs.

Turnover:

NT\$ 50M per year (salary not included)

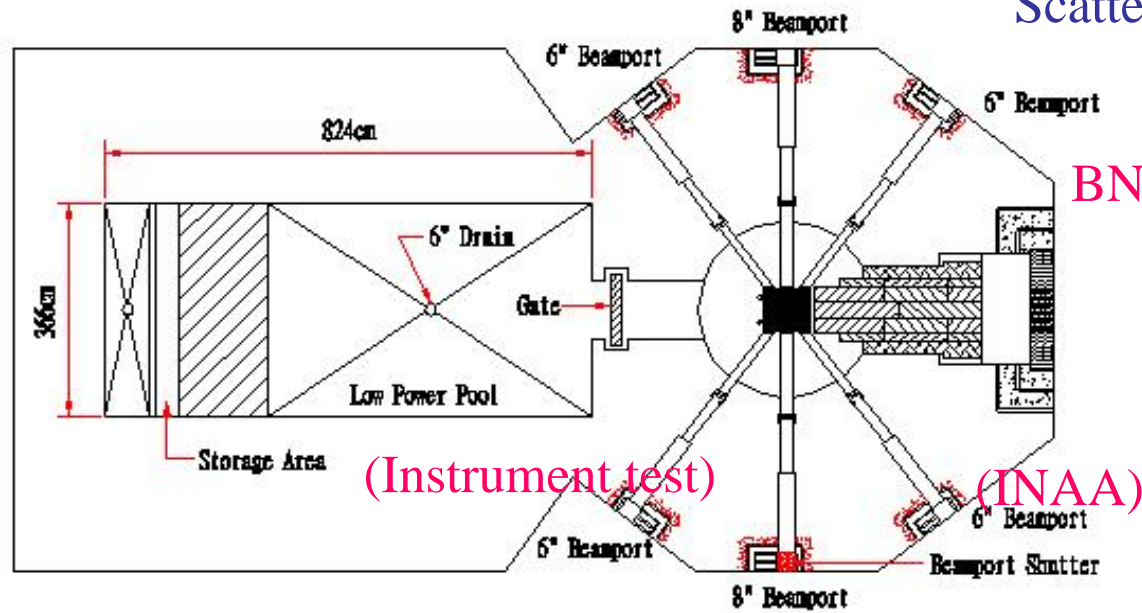


台灣清華大學研究用反應器簡介

- θ 清華大學在台復校迄今，先後擁有三座研究用反應器，分別為1961年4月正式運轉且目前仍在服役的清華水池式反應器（Tsing-Hua Open-pool Reactor, THOR），1974年4月臨界運轉但已除役的清華阿岡諾反應器（Tsing-Hua Argonne Reactor, THAR），以及1975年11月初次臨界目前亦已除役的清華移動教學反應器（Tsing-Hua Mobile Educational Reactor, THMER）。
- θ 前述三座研究用反應器均由清華大學原子科學技術發展中心反應器組負責運轉與維護事宜，提供本校如原子科學院等單位及國內其他學術單位核能相關之學術研究所需。
- θ 在台灣核能電廠正式商轉之前，核能方面的教學、人員訓練、大眾教育的任務也均由三座研究用反應器擔負。
- θ 由於第二代台灣研究用反應器（TRR-II）的建置計畫告停，THOR遂成為台灣目前僅存且服役中的研究用反應器。



Neutron Radiography (PGAA) W-3 Neutron Scattering beam-line BNCT



Layout of THOR (top view)



清華水池式反應器 (THOR) 概述 (1/4)

θ THOR里程碑

THOR係一多用途且具高安全特性之研究用反應器，THOR建造於1959年，1961年4月13日完成初次臨界，額定功率為1 MW。

1993年THOR的控制系統更新為全電腦化操控。

1998年THOR進行爐心鋁合金燃料格架更新工程，同年經原子能委員會核可後，將額定功率提升至2 MW。

THOR於四十年運轉執照將屆之際，在2000年經原子能委員會核可，取得為期十年之更新執照。





清華水池式反應器 (THOR) 概述 (2/4)

θ THOR重要物理與運轉參數

燃料

TRIGA棒狀燃料 ($\text{UZrH}_{1.6}\text{-Er}$)、濃縮度：20%、臨界質量：9 kg ^{235}U

爐心冷卻

強迫一次水流與熱交換器之二次水流進行熱交換，無相位變化
池水總量：80,000加侖

反應度

控制棒本領：11.28%、超溢反應度：7.0%

2 MW額定功率時之中子通率($\text{n}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{sec}^{-1}$)

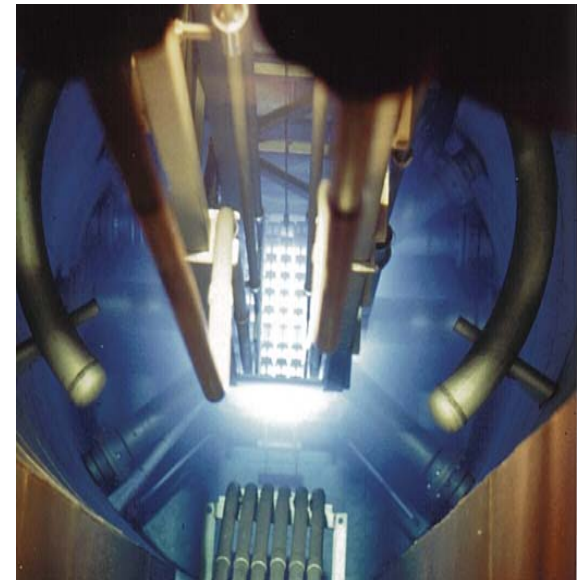
平均熱中子通率： 2.0×10^{13}

平均快中子通率： 1.3×10^{13}

射線管出口之熱中子通率： $10^6 - 10^9$

控制系統

GA微電腦控制系統

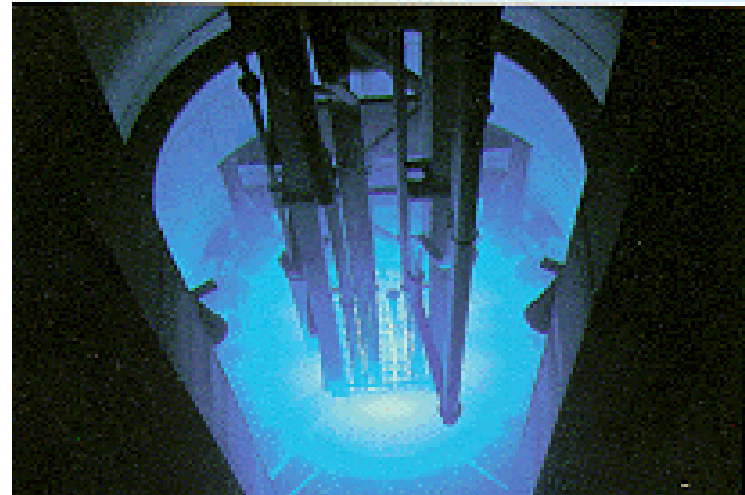




清華水池式反應器 (THOR) 概述 (3/4)

θ THOR現況 (1/2)

THOR為一高於地面並具有可移動核心之研究用反應器，其核心含TRIGA鈾燃料，周圍環繞石墨反射體，並以鋁架懸吊深浸在10公尺的開放水池中。池水周圍為水泥屏蔽牆，池中低導電度純水，不僅做為冷卻劑，中子緩和劑及透明的輻射屏蔽，亦使池中之設備常年清晰可見。





清華水池式反應器 (THOR) 概述 (4/4)

θ THOR現況 (2/2)

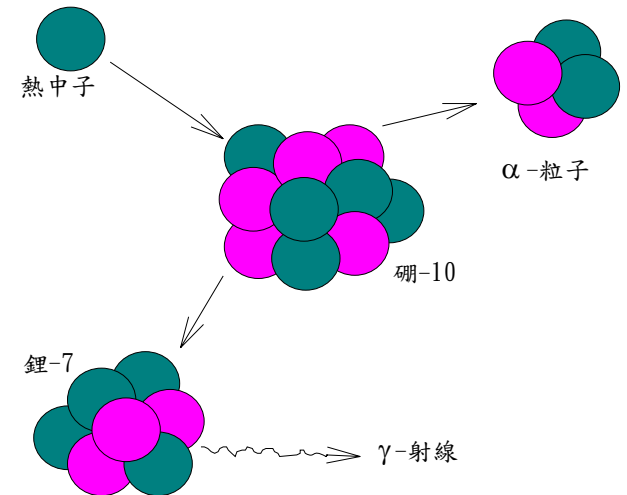
目前THOR每週運轉兩天，每次連續運轉8小時，運轉時功率大部分維持在1.5 MW。人力配置3名高級運轉員及4名運轉員。

THOR除做為反應器物理、化學、及工程方面之基本研究與教學外，亦有其特定的應用功能，如同位素碘-131製造與中子活化分析等。



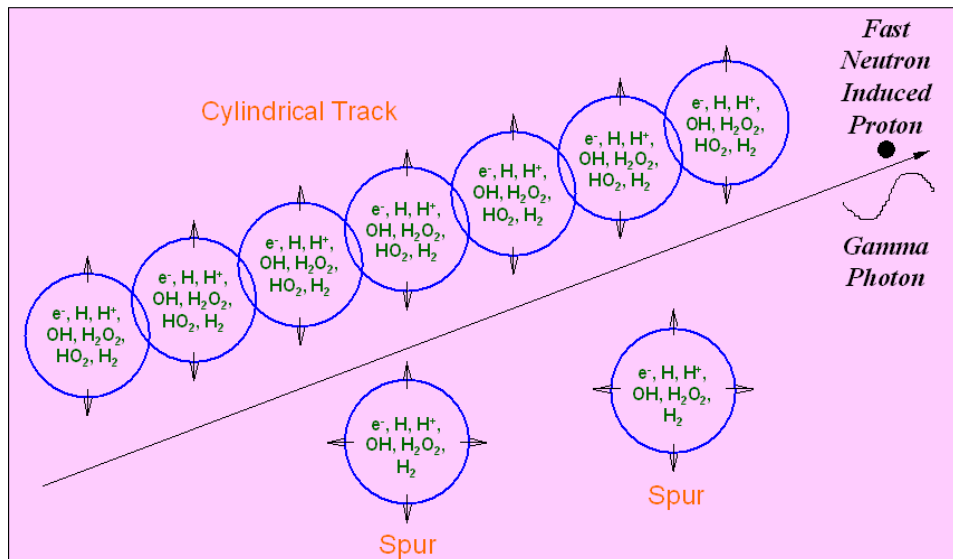
THOR的功能

- θ 執行中子束應用研究（中子散射與繞射）。
- θ 執行硼中子捕獲治療（Boron Neutron Capture Therapy, BNCT）研究。
- θ 提供中子活化分析、中子照相、同位素製造之場所。
- θ 支援水池式反應器環境中結構材料之腐蝕行為及爐水輻射分解對水化學變化之影響等研究工作。
- θ 支援教學：
 - 一提供核子反應器之教學及操作訓練。
 - 一對外參觀教學服務，提供國人核能相關資訊。



THOR相關的應用研究

- θ 中子束應用研究（中子散射與繞射）－國科會補助計畫
- θ BNCT可行性研究－國科會補助計畫
- θ 中子照相分析DMFC之燃料遷移行為－國科會補助計畫
- θ 岩石中微量元素之中子活化分析－國科會補助計畫
- θ 爐水輻射分解對水化學變化之影響－台電公司補助計畫



Charged particles and γ photons of high energy ionize and excite the water molecules along their path. In ionization, atoms and molecules lose electrons, having received energy higher than in excitation.

Tracks and spurs are formed along the moving path of the particles or γ photons during the water radiolysis process. Various radiolytic species are produced inside them.

Nuclear Power in Taiwan

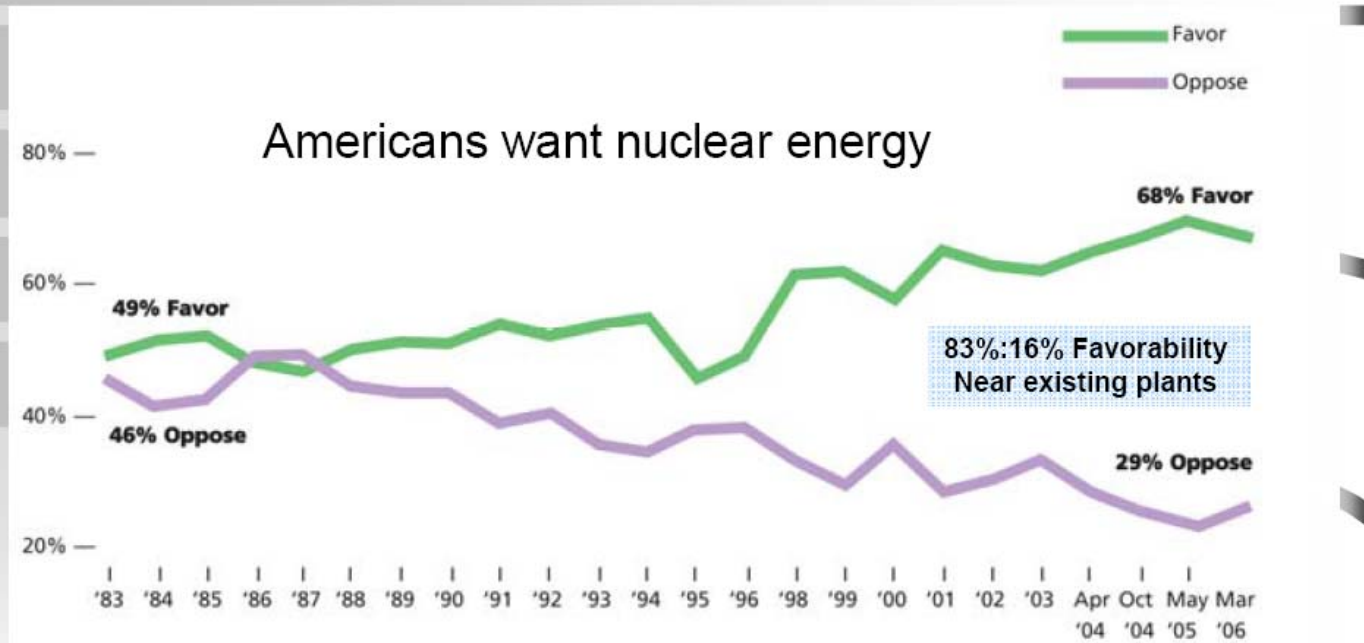
- Three Operating Nuclear Power Plants
- Four Units of BWRs (BWR-4 and BWR-6)
- Two Units of PWRs
- Provide about 20% of Electricity
- The Fourth Nuclear Power Plant (ABWR) under Construction (Planned for commercial operation in July 2009 and 2010)





Key Trends

Steady Improvement In Public Opinion



Source: Bisconti Research Inc./GfK NOP, March 2006, 1,000 U.S. adults

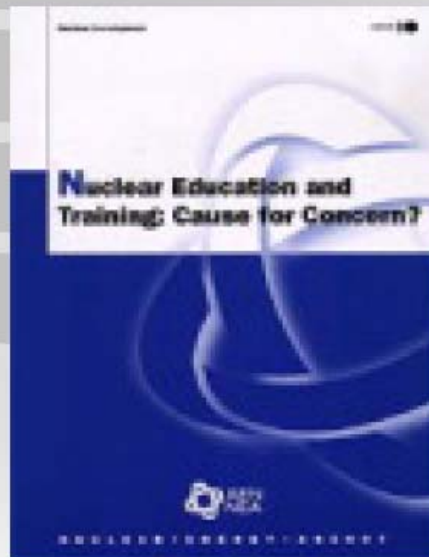
17

資料來源：Gilbert J. Brown, "Nuclear Renaissance and Nuclear Education in US", Int. conference on Knowledge Management in Nuclear Facilities, Vienna, Austria, 2007

Nuclear Education in US

Nuclear Education and Training: Cause for Concern?

Published by : OECD, 16 Aug 2000



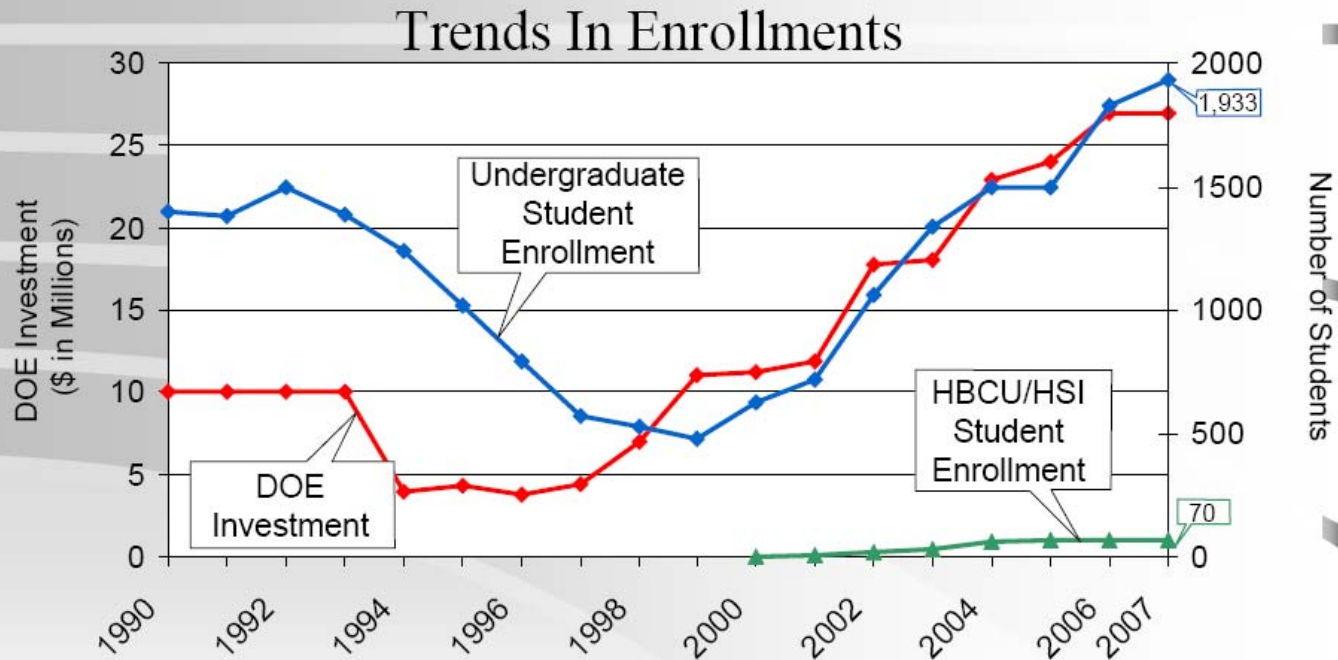
“Mankind now enjoys many benefits from nuclear-related technologies. There is, however, growing concern in many OECD countries that nuclear education and training is decreasing, perhaps to problematic levels.”

20

資料來源：Gilbert J. Brown, "Nuclear Renaissance and Nuclear Education in US", Int. conference on Knowledge Management in Nuclear Facilities, Vienna, Austria, 2007

Nuclear Education in US

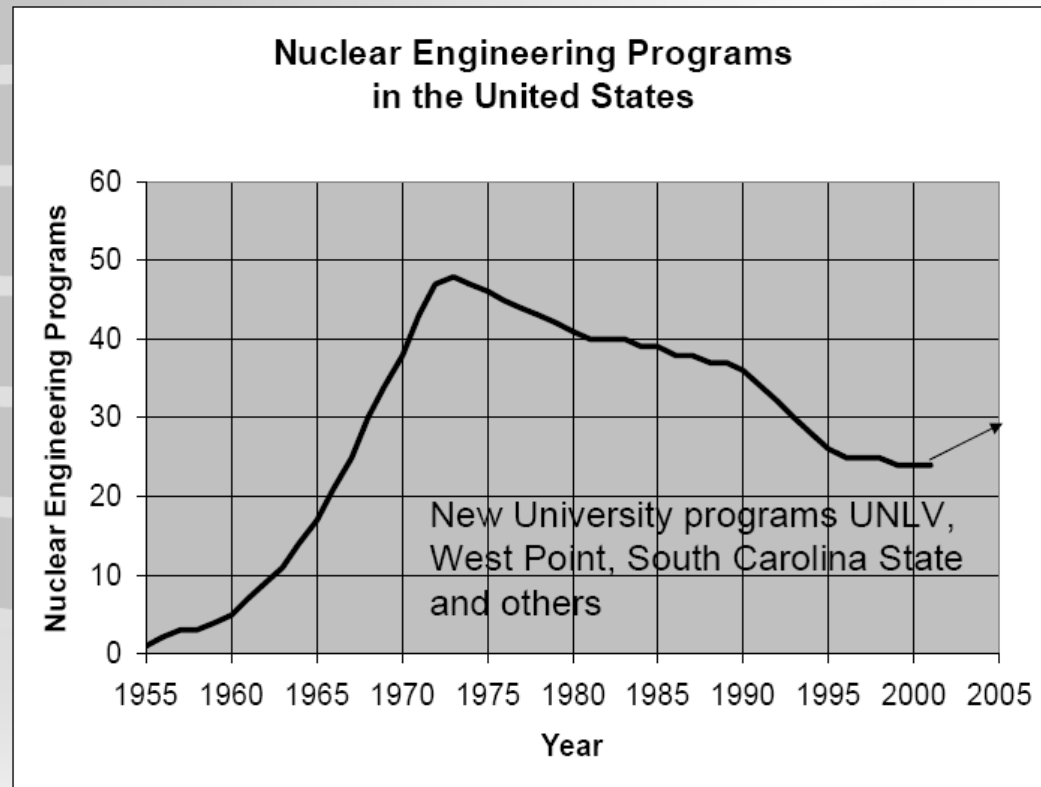
Status of Nuclear Engineering Education



21

資料來源：Gilbert J. Brown, "Nuclear Renaissance and Nuclear Education in US", Int. conference on Knowledge Management in Nuclear Facilities, Vienna, Austria, 2007

Nuclear Education in US



Source: The Future of University Nuclear Engineering Programs and University Research and Training Reactors, Corradini, et al, NERAC, May 2000.

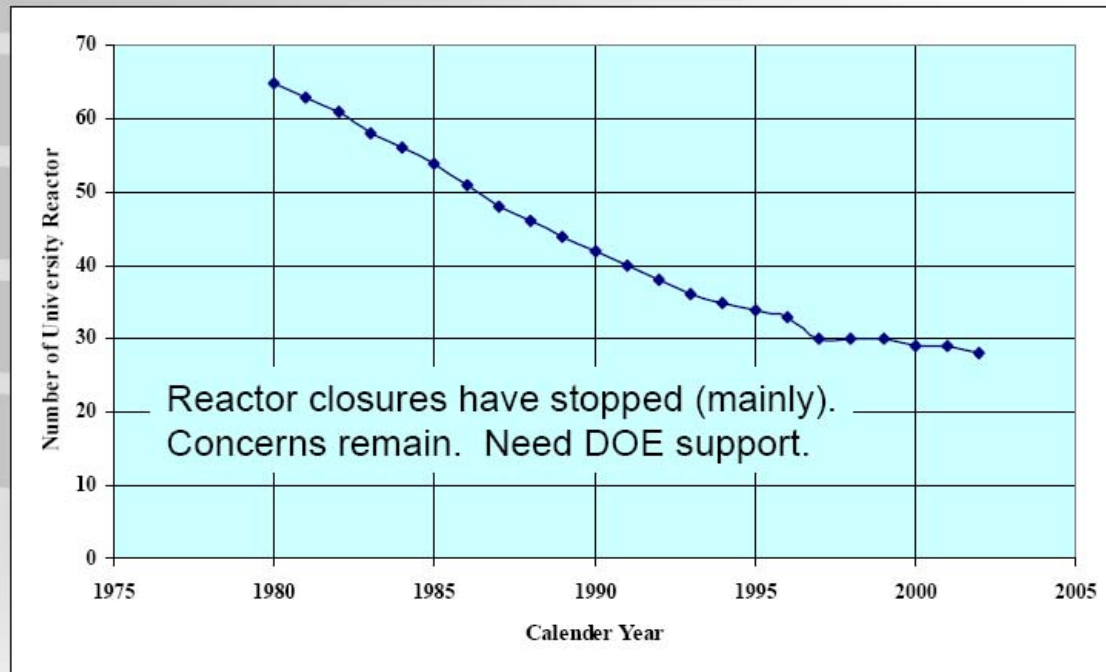
22

資料來源：Gilbert J. Brown, "Nuclear Renaissance and Nuclear Education in US", Int. conference on Knowledge Management in Nuclear Facilities, Vienna, Austria, 2007



Nuclear Education in US

Status of University Research Reactors



23

資料來源：Gilbert J. Brown, "Nuclear Renaissance and Nuclear Education in US", Int. conference on Knowledge Management in Nuclear Facilities, Vienna, Austria, 2007

27



Nuclear Education in US

“University Programs”

Stewardship and Programmatic Research

- Fellowships and Scholarships (students)
- Research Grants (faculty)
- Matching Grants (university programs)
- Collaborations (INIE, NEI, ANS, NEDHO)
- New programs (underserved populations)
- Outreach and marketing (new students)
- Harnessed Atom (School Teachers)

25

資料來源：Gilbert J. Brown, "Nuclear Renaissance and Nuclear Education in US", Int. conference on Knowledge Management in Nuclear Facilities, Vienna, Austria, 2007



清華大學核子工程與科學研究所師資與課程-1

Subject	Name of course
Reactor Physics and Shielding 金明明、江祥輝、周懷樸 薛燕婉、林強、鄧希平 王天戈、陳金順、梁正宏	Reactor Physics I
	Reactor Physics II
	Monte Carlo Method
	Radiation Shielding
	Advanced Nuclear Reactor Design
	Principles of Nuclear Engineering*
	Nuclear Reactor Control *

(*Undergraduate)



清華大學核子工程與科學研究所師資與課程-2

<p>Thermalhydraulics, Reactor Engineering and Nuclear Safety</p> <p>錢景常、施純寬、白寶實 潘欽、李敏、林唯耕</p>	Nuclear Reactor Engineering
	Advanced Nuclear Reactor Engineering
	Advanced Heat Transfer
	Two-Phase Flow & Boiling Heat Transfer
	Nuclear Power Plant Risk Assessment
	Special Topics in Nuclear Advanced Technologies
	Special Topics on Nuclear Reactor Safety Analysis
	Computation Fluid Dynamics
	Nuclear Power Systems*
	Advance Energy Systems*
	System Reliability Analysis*

(*Undergraduate)



清華大學核子工程與科學研究所師資與課程-3

Nuclear Materials 喻冀平、開執中 蔡春鴻、葉宗洸	Structure Materials in Nuclear Power System
	Radiation Damage in Metals
	Water Chemistry of Nuclear Power Plant
Radiation Applications 林滄浪、李志浩 江祥輝、薛燕婉 張廖貴術、吳見明	Transport Calculations and Medical Physics
	Advanced Radiation Detection and Measurement
	Interaction of Radiation with Matter
	Small-Angle Neutron and X-Ray Scattering
	Applications of Synchrotron Radiation and Neutron Beams
	Radiation Safety *

(*Undergraduate)



清華大學核子工程與科學研究所師資與課程-4

<p>Nuclear Science</p> <p>李四海、胡 瑗 董傳中、莊克士 羅建苗、俞鐘山 周鳳英、王竹方</p>	Plasma Physics I
	Plasma Physics II
	Fundamental of Nuclear Sciences
	Health Physics
	Special Topics in Radiochemistry,
	Radiation Biology
	Waste Management and Treatment
	Advanced Radiation Detection and Measurement
	Principles in Photon and Particle Measurements*
	Nuclear Radiation Detection and Measurement Laboratory*
	Radiochemistry *
	The Physics of Radiology *

(*Undergraduate)



Some Recent Studies on Nuclear Engineering

- Water Chemistry and Corrosion Mitigation
- Power Uprate of Nuclear Power Plants
- PCTTRAN: Developments and Applications
- Stability Analysis by LAPUR5
- Nonlinear Stability Analysis for Two-phase Natural Circulation Loops
- Nonlinear Stability Analysis for Multiple Boiling Channels
- Severe Accident Management on the Containment Integrity
- Radioactive Waste Disposal



核能人才培育面臨 及亟需投入之課題

- 學校與國內核能相關單位之互動
- 與國際之接軌
- 建立永續傳承之平台



- θ 由於第二代台灣研究用反應器（TRR-II）的建置計畫告停，THOR成為台灣目前僅存且服役中的研究用反應器。
- θ 來自於時空的變遷與國內科技發展的逐步轉型，運用核能技術進行各類研究的數量遂日益減少，因此目前與核能相關的研究已由清華水池式反應器（THOR）全數容納。
- θ 我們努力持續擴充THOR相關的研究能量，並期望原子能和平用途的推廣得以永續經營。



Nuclear Renaissance

“It’s All About the People”



2007 ANS Annual Meeting

“It’s All About the People: The Future of Nuclear”

27

資料來源：Gilbert J. Brown, “Nuclear Renaissance and Nuclear Education in US”, Int. conference on Knowledge Management in Nuclear Facilities, Vienna, Austria, 2007