

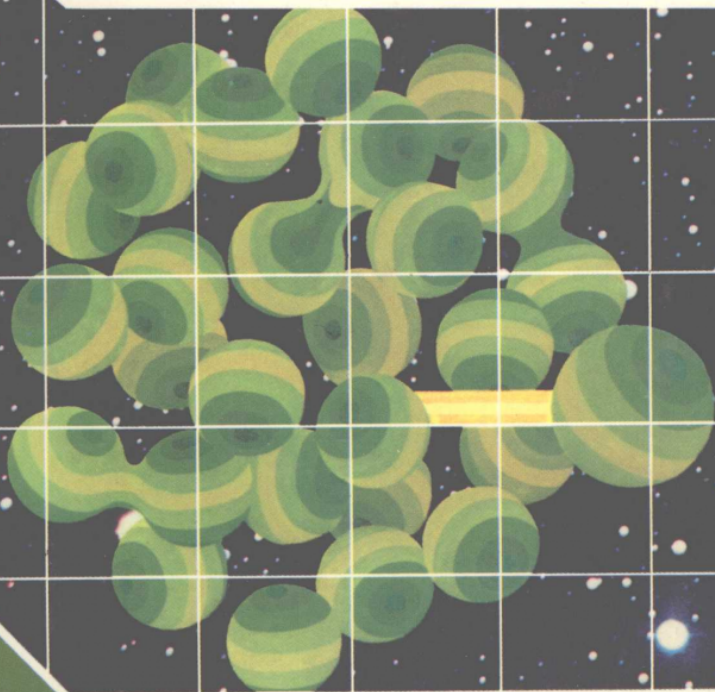
新世紀叢書

無限的核能量

向核融合挑戰

譯者：曾煥華

審定者：林雲海



銀禾文化事業有限公司

內容小介

由核融合所產生的核能是目前世界各國尋找最主要的能源，因為它的能源最乾淨、無污染，雖然稍具有微量的放射性，以目前的科技的發達可以使放射性減低更少到零為止，何況科技工程人員正設法從海水中提煉氘及氚來進行核融合產生不具放射性的核能，核能會帶給人類生活品質的提高以增文明的發達。

本書是以日本能源缺乏為例，說明日本國民應如何體認核能的重要性以及敘述核融合的研究與發展的過程，並敘及世界各國對核融合的研究情形。



新世紀

067

新世紀叢書

向核融合挑戰

銀禾文化事業公司印行



067

新世紀叢書

向核融合挑戰

主 編：新世紀編輯小組

審定者：林雲海

譯 者：曾煥華

出版者：銀禾文化事業有限公司

發行人：陳俊安

地 址：台北市和平東路2段96
巷3-1號

電 話：7005420·7005421

郵 撥：0736622-3

定 價：新台幣 90元

新聞局登記證局版台業字第3292號

1986年7月初版

■版權所有・不准翻印■

序

在科學進步，知識爆發的現代世界中，一個國家民族的興衰取決於全體國民是否擁有現代化的知識。一個國家即使擁有很多進步的科學機器，但是人民的思想、觀念仍停留在幾十年前的舊巢中，那將是滿清時代所追求的「船堅礮利」翻版而已，完全無補於事，因此普及全民知識是一件刻不容緩之事。

本公司有鑑於此，特成立新世紀編輯小組，無論就自然科學或社會科學，選定重要題目編輯成一系列叢書，逐冊推出，並且以普及版方式印製，希望這一系列的叢書能提供給國人一連串新的知識與觀念。

一件事情的成功，固然是要在事前有妥善規劃與謹慎的執行，而一套叢書發行的成功除了要有上述的要件外，更需要有廣大讀者的支持和批評。希望讀者們能在閱讀本書後給我們寶貴的意見，做為我們編列這套書的參考，謝謝！

陳俊宏

於一九八五年十一月

序 言

人類的歷史可以說是尋求能量的歷史。據推測，原始人類爲了尋求用於維持生命的能源——糧食而辛勞，冰河期的人類則爲了保溫而尋求劈柴。

即使在進入農耕期甚至現在的 20 世紀文明下，屬於維持生命所需最低限度能量的糧食，並沒有充分供給所有人類。隨着科技的進步，可以期待且應實現將來例如藉人造糧食消除這種問題。

但是，在未來的文明也會嚴然存在能量的必要性。無論合成糧食或從海水製造純水，都仍然需要能量。

在本書將考慮，從那裡取得這個能量。爲了維持人類社會繼續存在，當然需要足以維持人類生命的糧食以上的能量。這個必要性，由於「石油危機」的出現而使我們記得清楚。尤其日本所處的地理環境，對於能源的要求格外嚴格。例如，最好能開發公害較小的乾淨能量，或能自給能量資源。

如果這樣想，則可以當做日本以及將來世界之能源考慮的，是原子能與太陽能的有效利用。原子能的生產則再分成以核分裂爲基礎的核分裂爐及特別以增殖爐及

II 向核融合挑戰

核融合的核融合爐。

所謂核融合是把海水中的氘加以提煉的，就資源來說是世界上普遍的，且其量可以說幾近於無限多。又當做原子爐使用時放射性廢棄物少，是接近於所謂乾淨的能源。

爲了在本世紀內實現核融合，在世界各國有衆多的科學家正在埋頭工作。對於在地上封入比太陽中心部高溫的氣體（叫做電漿 Plasma）這個難題，曾經做了各種實驗。而如今總算已經找到了成功的線索。這是科學家、技術家長達 20 年以上努力的結果，一般認爲在 20 年甚至 30 年之後，核融合爐才能實用化。

在本書，試行盡量淺易的解說如何製造及保存高溫的電漿。如果讀者能理解在推動這偉大的計劃時遭遇什麼困難，以及如何帶來進步則幸甚！無限的能量是人類的夢想，是對於人類智慧的最大挑戰。

吉川 庄一

1978 年 2 月

目 錄

第一章	能源危機	1
第二章	人類與能量	25
第三章	何謂核融合？	43
第四章	電漿的保持及加熱	63
第五章	現在對於核融合爐的研究	113
第六章	對核融合的展望	153
第七章	人類的未來圖	173

第一章 能源危機

山崎小姐畢業於女子大學英文系，現在服務於某出版社。她還是單身繼承了遺產，故決定向公司請假前往國外旅行二個月。當她準備訂這個計劃時，被朋友邀請前往聽講以「日本的能源問題」為主題的演講。這個演講的內容如下。

*

*

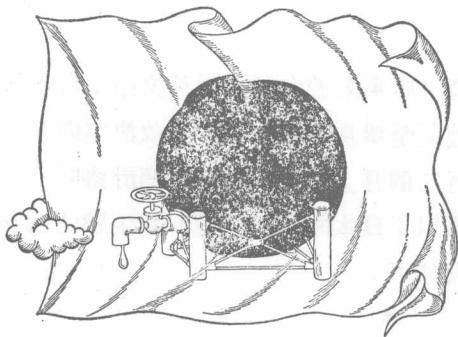
*

如果石油的來源斷絕

日本雖是缺乏資源的國家，卻能躍登國民生產毛額（GNP）列世界第三位的國家，是歸功於日本人的勤勞精神。當然難免有因經濟高度成長所引起的弊害，且最近幾年來似乎變的嚴重。但是，對內的問題例如公害、缺乏糧食等，只要在技術上投下金錢即可以解決。不過，投下的經費必須考慮由誰負擔，因此某種程度需要政治上的解決。就對內來說，這些政治上的解決不是不可能的事。日本身為一個統一的國家，在歷史上克服了許多困難的事實，對於這件事會發生正作用。

但若對外來說，則日本現在的處境很危險。成為日本繁榮之基礎的鋼鐵的原料或屬於動力源的石油，幾乎

2 向核融合挑戰



日本的燃料庫只能維持二個月

完全依賴從國外進口。當日本發動第二次世界大戰時，據說石油的儲存量足以維持二年。但是，現在日本的石油儲存量僅能維持二個月。這個原材料尤其能源的不足，除了藉技術製造代用能源之外沒有其他辦法。相反的若有了能源，則即可以從水或空氣合成糧食，也能把海水變成淡水。

因此把焦點放在能源問題，考慮日本今後到底存在什麼可能性。在西元 2 千年以前日本的能量需求，需依賴石油及提煉濃縮鈾的原子爐以及煤炭供應。在其以後則需依賴進口的煤炭，或新能源例如增殖爐、核融合爐或太陽能等。在此，就這些逐一檢討之。

企圖儲存石油資源的產油國家

關於石油的埋藏量究竟有多少，有許多的議論。如果假定石油的需求按照現在的程度繼續增加，則最妥當的看法是在本世紀內會耗盡所有的石油。

就我們的希望來說，是預計在 21 世紀初原子能、太陽能等新能源會成為能源的主流，故在理論上是不會為能量而煩惱。

但有一個問題，即是產油國家不許毫無限制的生產石油。事實上，在美國最近幾年來有國產石油的市場占有率降低的傾向，這可以說與石油資源的儲存有關。在中東諸國則有與其保有因通貨膨脹等因素而減價的外幣，倒不如把石油原封不動的儲存於地下的看法。

美國在 1977 年夏開始在阿拉斯加出產石油以前，國內需求的 40 % 依賴進口。這個進口量為 3 年前的 1974 年之二倍。我們還記得清楚，為了進口的石油所支付的美元之出超引起美元的貶值。幸而由於阿拉斯加石油或北海石油開始上市，而現在石油價格暫時停止暴漲，但在 1980 年代可能再出現石油供給不足的局面。

日本雖然與蘇聯、中共等簽訂協定以期石油供給源的多樣化，但這些國家的石油埋藏量仍然有限。歸根到底，日本必須盡量與中東諸國保持密切的關係。

最近幾年來致力於節省能源，能量消費量的上升率遠比國民生產毛額（GNP）的上升率減低。但是，由於第三世界各國生活水準的提高及人口的增加，將來能量的需求必然增加。因此，日本有盡量設法確保石油資源的必要。

因此，日本不僅需要與產油國家保持經濟上的關係，且應該透過技術、文化、科學方面建立更密切的關係。但是，在本世紀末必然會缺乏石油，因此核能發展是極有意義的事。

核能發電及其安全性

若僅限於本世紀來說，提煉在天然鈾中含有微少量（0.7%）的鈾之同位素的濃縮鈾爐將成為核能發展的主角。相對的，把天然鈾變成人造元素鈾（Pu）之後燃燒的增殖爐，將從21世紀初開始在能量部分占很大的比例。

這個濃縮鈾的價格有逐年漲價的傾向，幸而在核能發電上燃料費在發電成本所占的比例小，將來與燃料費暴漲有關的發電成本的變動，若僅限於本世紀來說，則可以設法盡量抑制罷！（到了21世紀則高品位的天然鈾會減少，故一般認為會引起鈾的原價甚至影響發電成本。）

因此，隨着在本世紀內耗盡石油之後，核能發電會比成本上漲的火力發電相對的廉價。不過，在此會嚴重的妨礙核能發電的開發並與成本上漲有關的，即是核能發電廠選定地點的問題。

如果同時考慮日本是世界上唯一被原子彈轟炸的國家，以及人口密度很高這二點，則原子能的安全性必須當做最重要問題檢討。

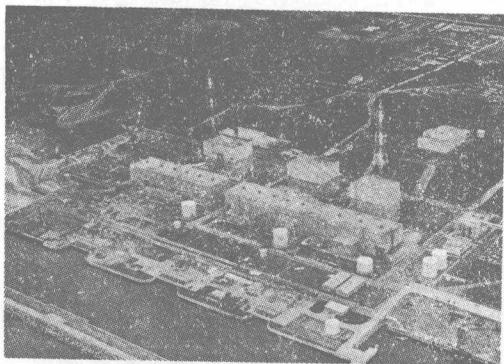
因此，在設置核能發電廠等時，必須徹底檢討其安全性，向全體國民公開發表其結果及審議過程。此時絕不許有優先考慮企業的秘密這種事。因為即使企業的秘密洩漏了，其他公司也不可能輕易的製造原子爐。

但是我們期待，關於安全性的審查能充分獲得國民的了解，又原子能委員會與反對派之間感情不融洽的問題遲早也能消除。然後把它當做純粹技術上的問題考慮，我自己以對安全問題外行的身份回顧日本開發原子能的歷史，則雖然有一、二個例外，但就整體而言我認為日本在開發原子能上非常重視了其安全性。

事實上，以往的放射能事故都低於容許量，除了原子彈、氫彈爆炸以外並沒有發生放射能所引起的死傷事件。我認為，這足以表示日本對於原子能關連技術之安全性所採取的慎重態度。

又，常有會不會萬一發生事故的所謂假想事故的問

6 向核融合挑戰



開發原子能時必須遵守三個原則—自主、公開、和平。（照片是東京電力公司的福島第一核能發電廠）

題。這些假想事故發生的概率很小，但身為科學家的卻不敢說這種事決不會發生。我覺得，一般人士似乎不能充分諒解這一點。

爲了取得大家的諒解，必須盡量使這個概率接近於零，隨時考量有沒有檢討了所有的可能性（假想），並讓大家知道其內容。又，即使萬一發生了事故，傷害一般人的可能性低。

有人根據統計學理論認爲，在自然放射能水準與白血病死亡者數之間有關係。但這種統計學上的結論，很難證明或否定其正確性。即使真的有關係，也只是全日

本的白血病死亡者在一年之內增加幾人至幾十人的程度而已。

如果過分重視統計數字，則什麼事都不能做了。汽車的普遍在統計上會增加死亡率（日本在一年內因車禍而死亡的人數在一萬名以上）而變成不應該使用汽車；相反的若不使用汽車，則無法從事急救用的搬運工作，結果無法救本來可以救的病人或其他事故所引起的被傷害者。因為雷電會擊斃人，因此不能隨便打高爾夫球。又有認為石油、煤炭等的公害會侵害呼吸器官系統而增加死亡率的統計，故不能使用石油及煤炭。如果把觸電而死則不能使用電。水壩有決口的風險，故不能利用水力等。相反的，若不利用文明的利器，即會如江戶時代遭遇飢饉。

歸根到底，應該採用何種技術或否，完全取決於國民的判斷。關於核能發電，也希望能考慮到若不實施它即會有什麼結果。請反對核能發電的地域住民，考慮整個日本的發電問題。請他們稍微考慮假定日本現在完全停止原子能的開發，則 15 年後的日本會變成什麼局面。

關於1993年世界情勢的推測

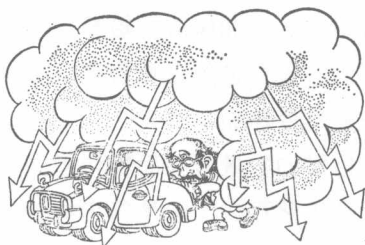
世界各國正在順利地推動核能發電，在歐洲諸國核能發電廠的發電量占全部發電量的50%，與煤炭的使用相輔，藉石油的消費所產生的能量已經低於全部能量的四分之一，且有繼續降低的傾向。輕油車、柴油車只在遠程使用，在都市普遍使用公共運輸工具及電車。

在美國，核能發電的占有率僅止於30～35%，其他則屬於利用煤炭的火力發電以及水力發電，重油發電則僅限於緊急用途，石油能量是在飛機、運輸工具重點使用。據說，增殖爐等的新核能發電、煤炭液化等的工業化在十年以後才會實現。

在共產集團（蘇聯、中共），消費的成長仍然緩慢，而使用比較豐富的化石燃料，但該兩國正在踏實地進行增殖爐、核融合爐的研究開發。

中東諸國因海水的淡水化促進了農業、工業的發展，且由於人口密度較低而正在建立地上樂園。他們把石油當做化學合成的原材料而盡量加以儲存，核能發電廠已經開始運轉。石油價格雖然已經上漲為1978年度的約3倍，但由於限制產量，故輸出價格較前提高。

全世界繼續維持和平的局面，經濟日益繁榮……。



雖然車輛減少，但光化學公害並沒有減少。

沒有原子能的日本之姿態

我想，如果日本在 15 年後沒有實施核能發電，即可能發生大致如下述的事態。

日本進口石油、煤炭的價格，會因各國高額的出口稅而上漲，與鐵礦的漲價相輔，國內的鋼鐵價格上漲而減弱對外的競爭能力。因此鋼鐵、汽車、造船的出口減低，只有家電產品、精密機器成為日本出口的主力。

因為必須為了進口國內消費用的能量原料及糧食支付高額的外匯，貿易收支之差會接近於零。資本收支在日本著名的外匯管理制度之下仍然呈逆差，綜合收支出現相當高的逆差。外匯保有額減少至低於 1970~1971 年水準的程度，已經經驗數次的幣值貶低。這是預測日本將來出現不安局面而資本往外逃避的現象。