

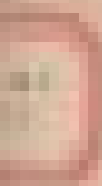
重 氫 與 重 水

千 谷 利 三 著

張 墨 飛 譯

重刊與重刊

李國華二著
張景雲編



重氫與重水

千谷利三著

張墨飛譯

重 氫 與 重 水

三十 年 六 月 初 版 三十六 年 三 月 再 版
每 冊 定 價 國 幣 一 元 四 角

著 作 者	千 谷 利 三
翻 譯 者	張 墨 飛
發 行 者	開 明 書 店
	代 表 人 范 洗 人
印 刷 者	開 明 書 店

有 著 作 權 * 不 准 翻 印

原 序

水與吾人日常生活之關係至切，且又爲人生之重要物質，世俗稱爲百藥之長，良有以也。對於科學家而言，則欲得純態之物質未有簡易如水者，故選其密度爲質量測定之單位，選其比熱爲熱量之單位，且採其沸點及熔點，以爲溫度之標準焉。

氫亦爲關係吾人之重要元素，科學家且精密研究之，謂爲一切物質之本，決無不當。就科學家之立場言，易得單體如氫者實不多觀。

然在今日之下，事有不得不再加考慮者焉。緣 1923 年之終，美國之一隅，舉重氫及重水發見之烽火，影響所及，除化學以外，即物理，生物醫學以及一切科學之範圍，莫不被其侵及之形勢。

自來學界之風尚，對於一研究問題，大抵必集多數專家之協力以爲功，於此新發見之重氫重水問題，尤有愈覺不可或缺之感。惟此類有關之研究報告，殆祇散見若干專門之雜誌，頗有不易訪覓一冊專集之憾。筆者有鑒及此，竊不自揣其淺陋，爰執筆而成此小冊。竊謂此種知識，方在急激進展之際，今日之新知，難免明日之黃花，幸海內外賢達，不吝指正，以冀漸臻完璧，則筆者喜出於望外矣。

本書取材大抵以 1934 年月以前所發表之論文爲據。卷末並附名詞對照表，聊供閱者之參考云爾。

千谷利三

黃 序

當我國二十一年春，美國尤雷、穆費、勃立克維特三氏發見重氫與重水，從茲化學領域中頗增一「同位素」研究之園地，頗使人起新知無窮，鑽研不盡之感。考尤穆二氏爲可倫比亞大學教授，勃氏則供職於美國度量衡局；其研究重氫重水也，通力合作，始終不懈，洵堪爲吾人之楷範。

溯西洋科學之東漸，雖已多年，論者每歎其根基脆弱，不能與人並駕。顧學者於競鶩西學之際，率多志不在焉，遑望其終生苦求。故甫有造詣，便轉仕途，或致貿遷；既皇皇於利害之得失，輒忘學問爲何事，此學術之所以不昌，而科學救國之爲用不著也！近年政府屢屢揭櫫提倡科學之旨，並撥巨款以辦科學研究機關，誠以科學之於人羣，實足以減其疾苦，增其福利，且致國家於富強。由是應知科學研究之新趨勢，應側重其社會之功用，以及合理之合作與分配焉。

雖然歐美科學之進步，日新月異，國人治之者不獨終生研求，亦應從事繙譯，而求其易了然於國人。我國科學者之於西學，果能彼有新知、我有新譯乎？不然，時代遷移，吾人仍孜孜於陳渣舊滓，寧毋蹈刻舟求劍與夫事倍功半之譏乎！

學友張墨飛女士，供職銀行界有年，公餘之暇，不忘所學，且喜從事譯作；茲又見其新譯重氫與重水一書。書成，徵序

首於余，余於張女士之勤學自勵固欽之久矣。誠以其人所治與所學，雖截然兩事，而能各不相忘，且時發表其所學，以求有助於世，自立立人，自達達人，當茲叔世，有幾人哉！謹綴數言，以嘗吾心之所欲言，非敢謂序。

中華民國三十年二月二日

銅山 黃素封 謹序於 人和化學製藥廠

目 次

第一章 重氫及重水之發見

§ 1 總說.....	1	§ 4 重水之發見.....	5
§ 2 重氫存在之預測.....	2	§ 5 重氫之存在量.....	9
§ 3 重氫之發見.....	3	第一章 參考文獻.....	11

第二章 重水之製法

§ 6 重水之電解濃縮.....	13	§ 11 鹼性電解法.....	18
§ 7 電解濃縮之原料水.....	13	§ 12 鹽性電解法.....	21
§ 8 電解分離係數.....	14	§ 13 電解濃縮之原因.....	22
§ 9 恆容電解與減容電解.....	15	§ 14 重氫之濃縮.....	25
§ 10 酸性電解法.....	17	第二章 參考文獻.....	27

第三章 重 水 之 性 質

§ 15 重水之物理性質.....	29	§ 18 重水之化學性質.....	35
§ 16 輕重兩水混合溶液之 性質.....	32	§ 19 重水之生理性質.....	48
§ 17 重水之分子.....	34	第三章 參考文獻.....	41

第四章 重 氫 之 性 質

§ 20 重氫之原子量.....	43	§ 24 重氫與水之反應.....	50
§ 21 重氫之物理性質.....	43	§ 25 輕重兩氫反應速度之差異.....	51
§ 22 重氫之分子.....	45	§ 26 重氫之光譜.....	53
§ 23 重氫之化學性質.....	47	第四章 參考文獻.....	58

第五章 重 氫 核

§ 27 重氫核之製造.....	61	蛻變.....	62
§ 28 原子由重氫核之人工		第五章 參考文獻.....	65

第六章 重氫濃度之測定

§ 29 由比重測定重水之濃度 ..	67	§ 31 氫氣中重氫濃度之測定...	71
§ 30 由折射率測定重水之濃度.....	69	第六章 參考文獻.....	72

第七章 重氫之人工濃縮

§ 32 重氫之人工濃縮.....	73	§ 37 水之分餾.....	78
§ 33 氣態氫之分別擴散.....	74	§ 38 水之分別吸附.....	79
§ 34 氣態氫之分別吸附.....	76	§ 39 水由化學反應而起之分	
§ 35 氣態氫之分別氧化.....	76	別分解.....	80
§ 36 液態氫之分餾.....	77	第七章 參考文獻.....	83

第八章 重氫之自然濃縮

§ 40 重氫之自然濃縮	85	§ 42 生物界內重氫之自然濃	
§ 41 礦物界中重氫之自然濃縮.....	86	縮.....	87
		第八章 參考文獻	88

第九章 重氫化合物

§ 43 重氫化合物.....	89	§ 45 有機重氫化合物.....	91
§ 44 無機重氫化合物.....	98	第九章 參考文獻.....	93

第十章 重氫之命名法

§ 46 重氫之命名法.....	49	第十章 參考文獻.....	98
§ 47 重氫命名法之提議.....	96		

第十一章 超 重 氫

§ 48 超重氫之存在.....	99	第十一章 參考文獻...	103
§ 49 超重氫之生成.....	101		

第十二章 結 論

§ 50 重氫發見之意義.....	101	第十二章 參考文獻...	107
§ 51 重氫製造之工業化.....	104	§ 52 關於重水及重氫之文獻...	106

英漢名詞對照表

第一章 重氫及重水之發見史

§1. 總說 重氫(Heavy Hydrogen)者,顧名思義,乃質量較大之氫之謂也。如吾人習見氫之質量爲1,則重氫之質量相當於2,且此二者互成同位元素。即氫之外圍,雖如常氫(普通之氫)之同有一個電子,但其核則有正質子(Proton)二倍之質量。要之,常氫(即輕氫)與此新發見之重氫均爲同一元素(即氫),祇其質量上若對於前者爲1,則後者爲2耳。本書採用向來同位元素之符號法,以 H^1 及 H^2 之符號代表輕氫及重氫。吾人通常所用之氫,爲此二種氫之混合物,其比率大抵 $H^2:H^1=1:5000$,即含有原子率約0.02%之 H^2 ,此種混合物可用H一符號表明之。

上述比例,非僅限於氫之本體,即於其化合物中亦然。試以水爲例,則其中所含 H^2 相當於 $H^2:H^1=1:5000$ 之比。若以人工的方法使常水中 H^2 之濃度增高,則所得之水,其比重較常小爲大。例如 H^2 之濃度若就原子率言爲66%者,則其比重較諸常水應爲1.073。此水可謂之重水(Heavy water)。純重水之組成應爲 H^2OH^2 ,此物業已可得,其比重對於常水而言,1份之重可達1.1079。此種 H^2 含量極大之重水,其性質視常水不同:如冰點,沸點略高;化學性較不活潑;且對於生體呈毒性。重水問題與重氫發見之關係,既密切而且重要,尤以其對於生體之作用爲最堪耐人尋味。

同位元素之發見，爲數既多，當無大書而特書之必要，然如此所得，其量互爲倍數者，則爲前所未有，或亦從來所無。蓋同屬氫元素，尚有質量爲3，即所謂超重氫 H^3 者之存在，捨此而外，實無他例可舉。由此點以觀，重氫發見之重要性，乃不難窺其所在。蓋其質量既有大別，則其他性質亦必有與一般同位元素所未見之差異。上述重水之例，可爲此種差別之明證。將來其他氫化合物之合成，亦將絡繹發現同樣之差異也。要之，重氫之發見，由種種方面觀察，得視爲與新元素甚至一極重要新元素之發見，殊無二致焉。

§ 2. 重氫存在之預測 重氫之發見，初與其他新元素之發見無異，亦決非簡單偶發之事。嚴格言之，遠溯週期律發見之時代，亦非過當。

以原子量爲標準之門德雷業夫 (Mendelejeff) 氏週期系中，曾以預言尙未發見之元素有幾，爲多數學者議論之中心。尤以對於原子量附近氫，氦之元素究有若干，試作種種之計算及推測⁽¹⁾⁽²⁾。彼時曾倡星雲中存有原子量3之氫 (Coronium) 元素，日冕 (Corona) 中存有氫 (Nebulium) 元素，其原子量在0.4左右之說⁽³⁾。

但此等想像，俱隨摩色勒 (Mosely) 氏原子序之出現，以及阿斯東 (Aston) 氏同位元素之發見而自趨消滅。蓋各種元素概爲原子序相同之若干同位元素之混合物，其原子量不過表示此等質量之平均值而已。故不計及原子序，則不足

以與言元素之本質，從而依據原子量之週期律，不得不改爲依據原子序而定。據此新排列法，則位於原子序 1 之氫元素下，即爲原子序 2 之氦，此兩元素間初無插入新元素餘地。

設以質量爲順，欲在 H 與 He 之間，插入其他元素時，則舍此兩者之任一同位元素外無他。即 H 或 He 之有無同位元素乃成爲唯一問題。緣元素原子量之帶有較小數者，概爲同位元素之混合物。例如氫之原子量爲 35.46，可以質量爲 35 者 77%，與 37 者 23% 之混合物說明之。氦之原子量爲 1.008，約帶有百分之一之小數。此小數果爲氦中混入質量較大之同位元素與否，史丹 (Stern) 及 馮爾曼 (Volmer) 兩氏曾作次述之實驗檢測之⁽⁴⁾。使常氫流入毛磁筒中，令其大部分通過器壁擴散以去，然後集其殘留部份，燃之成水。若氫中存有較重之同位元素，則應擴散較難而殘留，由是所得之水，其密度當較常水略大。但實驗之結果，其密度之相差，較之豫期者遙小，兩氏乃有氦不含同位元素之結論。易言之，0.008 之小數，遂歸因於氦原子生成時之能量差即緊束效應 (Packing effect) 所致。

上述氫同位元素之發見，雖未獲有成功，然鐿以下諸元素之同位元素，則絡續發見，其數與年俱增。結果乃引起同位元素排列之問題。就普通元素而論，若其化學性質之基本，以外圈電子數或原子序爲準時，即得週期系。在同位元素則視其核之結構而定，即以核內之正質子數及電子數爲

準。多數學者認為非如是則對於較輕元素不能有正規之排列⁽⁵⁾⁽⁶⁾。其結果一如門德雷業夫氏週期系之貢獻於新元素發見之預測，對於未發見同位元素之推想，與有力焉。設在向所認為質量1之氫 H^1 以下，復有質量2及3之氫 H^2 及 H^3 ，又在質量4之氦 He^4 以下，復有一質量為5之 He^5 ，則復次而與鋰之兩個同位元素相連絡，恰甚適當。從而全體之排列，亦得釐然有致。又若祇就質量之順序，排列同位元素如次，吾人亦可同意。

H			He		Li	Li	Be	Be	B	B	C	C	N	N
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

據史丹及馮爾曼兩氏之實驗，以為氫原子之帶有小數，僅由緊束效應所致，而非因同位元素而來。此種推想，雖可據氫原子量之自化學方法所測得者(1.00777)，及自質譜儀所測得者(1.00778)極相一致而認為滿意，但前曾以為純粹並採作原子量單位之氧，則確已發見其實為質量16, 17及18三種同位元素之混合物。然則據化學方法所測得之氫原子量，與此混合物之氧原子量依整數16.000而定者相反，故與由質譜儀採用正質子之質量為單位所測定者逕相比較不當，應換算其任何一方面之單位方可。如均以 $O=16$ 作單位換算之，則如次：

化學的原子量 = 1.00777

分光的原子量 = 1.00756

兩值顯然不相一致，故氫原子量之帶有小數，若僅以緊束效應說明之，亦顯見不當，是以不得不推想其混有如 H^2 或 H^3 之同位元素焉。

白奇 (Birge) 及 門齊爾 (Menzel) 兩氏據此理想出發，認為用化學的原子量測定之常氫中，若含有按照 $H^2:H^1 = 1:4500$ 之比之 H^2 ，則上述之差，可得而說明之⁽⁷⁾。在另一方面，阿立孫 (Allison) 氏由其獨特之研究，藉磁光法 (Magneto-optic method) 之探索，亦有發見 H^2 之報告⁽⁸⁾⁽⁹⁾。

§ 3. 重氫之發見 如前節所述，重氫 H^2 之存在，既可無庸疑義，然其確定的發見，則始於美國哥倫比亞大學尤雷 (Urey)，勃立克維特 (Brickwedde)，及穆費 (Murphy) 三氏之實驗⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾。

氏等以爲輕氫 H^1 及重氫 H^2 之差異，在其所發之光譜，即通稱巴爾麥系 (Balmer series) 之可視部份的明線光譜 (Bright line spectrum) 上可以表現。巴爾麥系 由在紅部之 H_α 線，在青部之 H_β 線，及在紫部之 H_γ, H_δ 等線而成，爲氫所發生明線光譜中最易觀察之線。其波長可精密測定或由計算而得之。若有核質量爲2之 H^2 存在，則計算之結果，較從前之巴爾麥線 在1乃至2Å之短波長部分，各呈現相當之明線。然其所以迄未發見者，白奇及門齊爾兩氏認為 H^2 之濃度極小，或被多量 H^1 之明線光度所掩，恰如月明之夜，難辨微弱之星光，其意正復相同也。

是以白奇等三氏乃試行先使 H^2 之濃度增高,若確有 H^2 存在,則其質量既大,應較 H^1 不易揮發,且可認為其相差當視溫度之愈低而愈大。據此,氏等曾於可能的低溫限度,在低壓下將液態氫分餾,使多量液態氫在氫之三相點 (Triple point) 即絕對溫度 $14^\circ K$ 附近徐徐蒸發,集取其最後餾出數立方毫米之氫。在特別注意之下,用高色散率之透射光柵 (Diffraction grating) 為其光譜照相,結果竟於距通常巴爾麥線 1 至 $2\text{\AA}$ 之短波長部份,發見極微弱而明瞭之新線。第一圖中央部份之濃組線為 H^1 之 β 線,其兩側對稱之線,為 H^1 線之鬼線 (Ghost line)。在 H^1 主線之左方,有一雖弱而可明白視出之細線,蓋由 H^2 而來之 β 線也。此種狀態即於其他 α, γ, δ 等線亦復完全相同,且此等新線之波長與下列所示預期之值極相一致。故其為確因重氫 H^2 而來可無疑議。次表為相當於 H^1 與 H^2 兩線間之差,用 $\text{\AA}$ 表示者:

	α	β	γ	δ
計 算	1.793	1.326	1.185	1.119
實 測	1.791	1.322	1.188	1.096

既有此種發見,氏等更以未經濃縮之常氫實行照相,亦得一極微弱而同樣之新線。在此種情形之下, H^2 線之照光本領 (Illuminating power) 僅約及 H^1 線之四千分之一而已。若線之照光本領各與其存在量成比例,則大概 $H^2 : H^1 = 1 : 4000$ 。此結果與前述白奇,門齊爾兩氏所預測者極相一致。重氫 H^2 之存在由是而得確定,此 1931 年 12 月間之事