

// 51

12/1/12

#55

720041

# 鹽業資料彙編

第一集

(鹽業叢書第三種)

光緒二十九年  
購於本公司  
首編

中國鹽業股份有限公司

# 鹽業資料彙編

## 目次

序.....	I
編者綴言.....	Ⅲ
基羅鹽田採鹽法 .....	1
鹽田工作概要.....	17
攸西克利奧氏蒸發海水之研究.....	47
關於海水濃縮率及蒸發率之研究.....	57
日晒鹽田注水論.....	89
鹽田土壤之物理性質.....	97
海水及滷水之比重 .....	107
海水及滷水中鎂鹽類之含有量 .....	145
海水之新利用法 .....	171
製鹽與苦滷工業之關聯性 .....	183
鹽副產物利用法 .....	187
苦滷之處理 .....	225
氯化鉀製造法 .....	247

304600

# 序

鹽之產製，涉及多種科學，技術愈精，包涵愈廣。我國製鹽，數千年來停滯於農村副業型式之原始方法，向乏系統研究。鹽務書籍，亦大抵詳於章制沿革，而略於生產技術。且科學基礎落後，無由相與發明，環境使然未如之何。近三十年，鹽務銳意整頓，鹽場建設，頗多成就。勝利以還，雖時局多艱，而風雨如晦，鷄鳴不已，鹽業同仁，研究改進，曾未稍懈。本書蒐集各項鹽業資料，備供從事研究者參考，綴裘獻曝，藉就是正於鴻博馬耳。茲於第一集付梓伊始，聊誌緣起於端。

民國三十七年十一月 姚元綸

## 編 者 綴 言

提高品質，減低成本，為改進鹽業者之當前急務。「基羅鹽田採鹽法」一文，介紹法國南部地中海岸之基羅鹽田，其設備與管理，均極經濟合理，雖原文刊行已久，又因地域氣象等關係，彼我不能盡同，然仍不失為有價值之參考資料，用特譯刊置於卷首。

「鹽田工作概要」係就華北及東北各鹽田實際情形，詳述技術方面之工作步驟，從事鹽田實際工作者，不可不讀。

製鹽技術之改進，除基礎理論須有充分之認識外，專門之研討仍不可或缺。「攸西克利奧氏蒸發海水之研究」「關於海水濃縮率及蒸發率之研究」「日晒鹽田注水論」「鹽田土壤之物理性質」「海水及滴水之比重」「海水及滴水中鎂鹽類之含有量」「海水之新利用法」等七篇，均係各國學者之實驗論文，尤以「攸西克利奧氏之海水研究」為國際製鹽界所公認之權威著作。文中各項表格久為研究者所重視，故特摘譯刊出以供參考。其他各篇亦均有

其獨到之處，頗有注意價值，倘因此引起國人之實驗興趣，於將來改進製鹽技術上，能有新的建樹，尤所企望。

鹹水製鹽爲人所共知，但製鹽所餘之苦澗內尚含有豐富之化學成分，若能全部提製，裨益化學工業匪淺，吾國製鹽者，每多將此項苦澗棄置，天賦資源不能利用，殊爲可惜。「鹽副產物利用法」「苦澗之處理」「氯化鉀製造法」各篇，對苦澗中之成分，作有系統之敘述，並於其製造法及用途論述甚詳，從事鹽業者幸注意及之。

「製鹽與苦澗工業之關聯性」一文，係就經濟立場，列舉數字，說明製鹽企業必須與苦澗工業聯合經營之重要性，文簡意深，特爲介紹，以供製鹽業者之參考。

本集各篇之譯者不同，故文字之體裁亦異。文中所有之註解及攷語，均係由著者或原譯者之原文逆譯，特此附註。

# 基羅鹽田 (SALIN DE GIRAUD) 採鹽法

資料來源 日本工業化學雜誌 (一九〇五年 四月)

平野久保 著

侯元放 譯

吾人應用日光晒製原鹽，時刻繫繫於心目中者，厥為「如何以最經濟之方式，獲得最佳之品質」。欲期達成此目的，個人之思索力究屬有限，須廣集世人長年所積之經驗，佐以現代最新之智識融會貫通，始可獲得理想上之成績。譯者有鑒於斯，故本文雖刊行已久，因其尙有參考價值，爰為譯述，以供觀摩。

工業用鹽中，當以充製鹼原料之鹽液為最廉，惟鹽液如採用岩鹽，則因採掘需費人工，成本較重。即以世界產岩鹽最廉之德國斯塔斯佛特 (Stassfurt) 而論，每噸售價亦難低於 1.25 圓 (日元)。(上項價格係參考下列書中所載者 H. Schreiber—Die Fabrikation der Soda, S. 52) 日晒鹽雖於製鹽時需用人工，但仍較岩鹽經濟。法國地中海沿岸地帶所產之日晒鹽，每噸約在 0.5—1.0 圓之間，其中尤以阿理，卡瑪爾谷化學製品公司 (Compagnie des produits chimiques d' Alais et de la Camarque) 所屬之基羅鹽田 成本為最低，自製鹽迄歸坵完畢，每噸僅需 0.18 圓左右。故吾人必須選擇適宜之土地，以優良之技術應用日光晒製，始可獲得廉價

之工業用鹽。

阿理公司位於法國南部魯河沿岸，為法國化學工業中之佼佼者，擁有多數出名學者。其產品為碱，漂粉，氫酸鉀，氫酸鈉，銅等。分工廠位於魯河河口三角地帶，基羅鹽田即在其畔。分工廠產品為鉀鹽，鎂鹽，芒硝，溴等。基羅鹽田規模宏大，為首先適用巴拉得式副產物提取法者，產量甚豐，除供給本公司需要外，尚有餘力供給鄰近其他製碱工廠。其鹽坨即位於結晶池畔，一面臨河，溯流直上，即可達阿理工廠，運輸至便。

基羅鹽田面積約為1,500公頃，三方築有堤埝，一方則臨鹽坨。利用傍在之湖沼貯水，湖沼與地中海間設有水門，海水源源而入隨時充盈。水門旁設蒸氣水泵，汲引海水入堤。海水汲入後，先經沿堤而設之狹長形第一蒸發池（Étang de la galire）（池面積約為250公頃），然後流入第二蒸發池（Surface évaporante）（池面積約為1,250公頃）。地基為最適於製鹽之黏土質，池面由外向內逐漸傾斜，中央呈盆狀，池中縱橫設埝，以最短之長度而使海水迂迴最長之路線為原則。海水在池中緩緩迴流，經過適當時間後，自然集注於盆狀池底（Cuvette）。最初汲入之海水濃度約為 $3.6^{\circ}\text{B.}$ ，於池中迂迴期間，逐漸濃縮，至 $16^{\circ}\text{B.}$ 時，海水中所含之石膏即被析出，沉澱池底。迨海水由盆狀池底流出時，其濃度已達 $25^{\circ}\text{B.}$ ，而容積亦自每一立方公尺減至102公升矣。

蒸發工作開始於五月上旬，如天候無激烈變化，可連續約五個月。法國南部海岸，因有其獨得之西北風，直接增加蒸發之速度，

在風力強盛時，每日可蒸發一公分海水，即共蒸發海水約 150,000 立方公尺。

自海水汲入迄到達蒸發池末端盆狀池底，經常所需費用僅有水系及工人一名之兩種消費。此工人之職務為按期檢查蒸發池中所設畦坎間按設之木閘有無移動而加以調節。汲水之水泵尙可代以風車，（目下我國東北沿海及大沽一帶大半均係利用風車汲水）如此則代價更可減低。

自蒸發池盆狀池底流出之滷水（25° B.），沿小溝流向結晶池，再以水泵汲入。結晶池構造亦稍傾斜，最初汲上部分較高，逐漸低下，滷水自高處自然緩慢流至末端，而注入於廢滷溝內。結晶池底為黏土質，以石碾或鐵碾壓軋，上敷特製之苔氈。全池面積為 60 公頃，內分八行四格，計三十二小格，每小格長寬均為 150 公尺，池深 30 公分。各小格間設畦坎，而以木閘連接，調節水流。

結晶池中所敷之苔氈（Feutre dol），係利用海水中所含之一種海藻（*Micrococcus Corvium*）而製成者。其製法係將含有此種海藻之新鮮海水蒸發至 8° B. 左右即可獲得。此項苔氈經過數度連續作製後，厚度達 1.5 公厘，即可應用。先將其乾燥後敷於池底，再以石碾壓平。耙鹽時用木製之耙上鑲銅片，輕耙之，則可不損池底黏土，而所獲之鹽色澤純白清淨。

鹽坨設於結晶池畔，他方開口於魯河，長約 1,500 公尺，與結晶池平行。其間設有廢滷溝，以利結晶池之排除廢滷。廢滷溝

共分八小溝，伸入於每列結晶池之側，採鹽時期，此項小溝為排泄廢滷之用，晒鹽結束之後，則用為運鹽船之水道。溝水之濃度頗高，故舢船之載重量，較在海水中行駛時為大。由蒸發池盆底輸送滷水至結晶池之小溝，係在廢滷溝及結晶池之間，與滷溝平行。廢滷溝之分岔，則與前項輸滷溝直角交叉，交叉處設有木製虹吸管(Siphon)俾兩液不相混濁。

滷水在結晶池內緩慢迂迴期間，(夜間因溫度較低，蒸發力減弱，須將各畦間木閘關閉，使其停止流動。)濃度復由  $25^{\circ}\text{B}$ . 提高至  $27^{\circ}\text{B}$ .，在此過程中，粗鹽逐漸析出。 $27^{\circ}\text{B}$ . 所產之鹽品質純佳，為一等鹽，產量亦最多，年產量約 50,000 噸。結晶池所需工人僅二名，故在耙鹽開始前，所產之鹽幾等於無代價之天然產品。

結晶池中之蒸發工作約連續五十日左右即開始耙鹽。此時如池中仍餘有多量滷水時，即將水門開放，使迅速排出至廢滷溝。耙鹽平均於八月初旬開始，約須四至五星期。耙出鹽斤，先堆積於池中，俾其中夾雜之水分自行滴下。然後以單輪車推至運鹽舢船，經小滷溝，廢滷溝而至於鹽坨。舢船為平底，每船載兩噸重四方木桶兩個，鹽坨設有起重機，直接由舢船將鹽卸上鹽塢。

鹽塢高 7.5 公尺，寬 18 公尺，底部為一高 1.3 公尺之木板槽，自木槽邊緣而上，鹽之堆積逐漸傾斜。每一公尺長度約容鹽 80 噸。塢面不設遮蓋物，因平均每年受雨水之損失，僅在 7% 左右，而設置遮蓋物之費用，則超過此項損失。且粗鹽中夾雜之氯化鎂，可因

雨水之溶解，沖洗而除去，因此而提高鹽質。鹽塢之高度增加，可減低受雨水沖洗之損失，我國遼東一帶，每於塢面敷設遮蓋物，即係因鹽塢過低，損失較大之故。

耙鹽完畢後，再向結晶池內灌入新鮮海水，使餘鹽溶化，沖洗池底。此後再灌滿新鮮海水，俾明春開晒期間，池面保持濕潤，不致乾燥裂縫。惟秋季及冬季，海水仍受日光之作用而蒸發濃縮，故海水每達  $14^{\circ}\text{B.é}$  時，即須更換，以免析出石膏，淤積池底。至此項濃縮之海水，可送至蒸發池存儲，以備明年春晒之用。

以上為基羅鹽田晒鹽經過之概要，其最堪重視者，厥為工作之連續性，及消費之經濟。全部晒鹽工作，僅須水泵二台，工人三名，即可獲得 50,000 噸之年產量。

綜觀上述各點，基羅鹽田與目下遼東方面各鹽田之晒鹽方法，其不同處有二點，茲摘述於下：

(一)收穫之方式：基羅鹽田係於晒鹽末期，即八月初旬開始耙鹽，一次連續四至五週，即可結束工作。遼東方面則係與晒鹽同時開始，隨產隨耙，僅置數日之間斷，斷續工作至秋鹽耙盡。此項分期收穫，所費遠較連續收穫為鉅。連續收穫，雖須於短期內招募多數人工，但如能事先籌劃，則並非難事。惟實行連續收穫之要點，應先將目下遼東一帶鹽田之結晶池底，澈底改造。蓋結晶池底過軟，則易於滲漏滷水，如將池底地盤增加防滲力，則雖逢降雨，沖淡滷水或溶解已成鹽斤，但此項滷水，不由地盤

滲失，結果仍能蒸發析出，不生任何損失。

(二)蒸發池與結晶池之比：基羅鹽田蒸發池與結晶池面積之比，約為二十五比二，遼東方面則多為三比一至五比一，結晶池似覺過多。須知蒸發池之構造簡易，需費無幾，結晶池則必須修築完好，用費頗巨。與其修築過大之結晶池，無寧移用此款修築比較優良之結晶池，而減少其面積，如此則蒸發池與結晶池之面積比例配合，於管理上亦有便利。

縮小結晶池以後之整池工作，應注重於壓平池面，使達一定之堅固程度，對池中之畦埝，亦應加意改良。目下國際間正在試以木製代替原始之泥土畦埝，蓋泥土畦埝，易受雨水沖毀，混入滷中，致影響鹽之純潔。

結晶池中剩餘之  $27^{\circ}\text{B}$  滷水流入廢滷溝後，再經水泵吸引至第二結晶池。池面積與第一結晶池相同，內分四格。滷水在第一格（約15公頃）時，約濃縮至  $28.5^{\circ}\text{B}$ ，所析出之鹽為二等鹽。流至第二格（約27公頃）時，濃縮至  $31^{\circ}\text{B}$ ，所析出者為三等鹽。再至第三格（約10公頃）時，濃縮至  $32.5^{\circ}\text{B}$ ，析出四等鹽。最後之第四格（約8公頃）時，濃縮至  $35^{\circ}\text{B}$ ，析出者已呈氯化鈉及硫酸鎂之等分複鹽。

第二結晶池中析出之鹽，逐漸缺乏氯化鈉成分，而增加硫酸鎂成分，茲將各等鹽之成分列表於下：

鹽別 成分	一 等 鹽	二 等 鹽	三 四 等 鹽
氯化鈉	97.100	94.212	91.217
硫酸鎂	0.221	0.506	0.612
氯化鎂	0.100	0.377	1.300
氯化鉀	—	痕跡	0.122
硫酸鈣	1.115	0.621	0.440
不溶解物	0.050	0.030	0.050
水分	1.400	4.200	5.758
總計	99.986	99.947	99.499

上項分析係以法國地中海沿岸海水為原料所產粗鹽之成分，至地中海海水之成分則如下：

3.5°B. 海水每一立方公尺含	氯化鈉	29.424 公斤
” ” ” ”	硫酸鎂	2.477 ”
” ” ” ”	氯化鎂	3.219 ”
” ” ” ”	溴化鈉	0.559 ”
” ” ” ”	氯化鉀	0.505 ”
” ” ” ”	硫酸鈣	1.357 ”
” ” ” ”	碳酸鈣	0.114 ”
” ” ” ”	氧化鐵	0.003 ”
” ” ” ”	固體總量	37.655 ”

海水一立方公尺所產各等鹽之氯化鈉含量如下表：

等 類	含 量	百 分 比
一 等 鹽	12.912 <sub>公斤</sub>	43.88%
二 等 鹽	7.896 "	26.84%
三,四 等 鹽	4.896 "	16.60%
計	25.704 "	87.32%

由上表可知海水中原含之氯化鈉（29.424），業已大半析出，僅有3.72公斤剩餘於苦滷中。

基羅鹽田所產二，三，四等劣等鹽之總量，亦在50,000噸左右。普通一般製鹽業者，恒以此類劣等鹽售供工業鹽，家畜鹽，貯藏鹽之需。基羅鹽田以往則因此項劣等鹽不易售出，且因此項產品並不須任何工本，故恒拋棄不用。

以上所述為基羅鹽田之粗鹽生產法，此項利用分區結晶之原理，至為簡單，與世界各地應用之方法大同小異。茲再就巴拉得氏（Ballard）副產物製造法摘述於下。

巴氏法之原料，為第二結晶池末段所產之氯化鈉硫酸鎂複鹽，及35°B.之苦滷。本法之目的，係將海水中所含之其他成分提煉出來，供應化學工業之需要。

#### （一）硫酸鎂 $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ （瀉鹽）

將35°B.之苦滷於一洋灰製之儲池內，池深四公尺，面積約二公頃。此項苦滷中所含之硫酸鎂，在溫度降低、

至  $12^{\circ}\text{C}$  時，即被析出。其結晶之純度頗高，大半供給市需，一部份則與前述之氯化鈉硫酸鎂複鹽，同充製造芒硝原料。若適於析出硫酸鎂後，濃度降至  $33^{\circ}\text{B.}^{\circ}$ 。至此原為一立方公尺之海水，已減至 16 公升矣。

(二) 芒硝  $\cdot\text{Na}_2\text{SO}_4$  及含水芒硝  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 。

將第二結晶池末部所得氯化鈉硫酸鎂複鹽溶於少量之水中，如複鹽之成分較  $2\text{NaCl} : \text{MgSO}_4$  之公式任何一方不足時，應添加至適當量。溶液濃度約為  $30^{\circ}\text{B.}^{\circ}$ 。（或單以硫酸鎂為原料，另加以等量之劣等粗鹽）將此項溶液，導入冷凍機，使溫度降至  $-6^{\circ}\text{C}$  時，即起下列反應。



而產含水芒硝  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  之結晶。此項結晶之 85% 作泥狀沉澱，所餘 15% 則仍存在液中，並含有氯化鈉及少量氯化鉀，可將餘液加熱煎出粗鹽及鉀鹽。

上項冷凍機在氣候寒冷地帶，如我國遼東半島及長蘆鹽區均可省却，事實上目下長蘆一帶，冬季即在結晶池中收穫芒硝。

將含水芒硝取出後，加以 45% 之氯化鈉硫酸鎂複鹽，加熱至  $80^{\circ}\text{C}$ ，使起脫水反應後，即可得無水純芒硝。所加之複鹽則溶解於液中。惟此項脫水反應，必須保持溫度在  $33^{\circ}\text{C}$  以上，始臻完全。於全部反應完成前，不可降低溫度，蓋硫酸鈉之含水鹽，與其無水鹽之轉移溫度，保

在  $32.5^{\circ}\text{C}$ 。反應後，所得泥狀結晶，置於離心器 (Centrifugal) 中，排除附着之溶液，再以溫水洗滌，即得僅含水 4% 之純芒硝。

脫水反應時所加之複鹽，於純芒硝析出後，溶解於液中。此項溶液再導入冷凍機，復可繼續獲得含水芒硝。此項脫水工作所費無幾，如以日產 13 噸計劃，僅須一直徑二公尺，高 1.3 公尺之溶解槽，及小型離心器一具。

亦有以 30% 粗鹽 (劣等鹽) 代替複鹽者，其於脫水反應上毫無差異，但如擬於反應後繼續製造含水芒硝，則須在液內另加適量之硫酸鎂。

### (三) 氯化鉀 $\text{KCl}$ 及三氯化鎂鉀 $\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Carnallite)

將析出硫酸鎂之  $33^{\circ}\text{B}$ . 苦澗加熱至  $80^{\circ}\text{C}$ ，使其濃縮至  $34^{\circ}\text{B}$ .，再加溫度達  $40^{\circ}\text{C}$  之氯化鎂，使相混合。(加氯化鎂之目的在使苦澗中保持氯化鎂過剩狀態，以減低氯化鉀硫酸鎂複鹽之溶解度) 用離心水泵 (Centrifugal Pump) 將此混合液送至另一分析器中，使苦澗中餘存之氯化鉀硫酸鎂析出，餘液所含則大半為鉀鹽。將餘液冷卻，即可得三氯化鎂鉀之結晶，氯化鎂仍存於溶液中。此項含有氯化鎂及其他氯化物之溶液，除一部提回，再充本法最初使用之氯化鎂原料外，其餘則為製溴之原料。

將三氯化鎂鉀以水沖洗，則氯化鎂溶解於水，而析出氯化鉀之結晶。以氯化鎂液及水反覆沖洗數次後，即可



此項提取副產品之方法原分兩種，如上所述將第二結晶池中所得之  $35^{\circ}\text{B}$ . 苦滷汲出，加以人工增減溫度者，為第一種方法。其第二種方法，則係仍利用日光熱及風力，繼續作用，直至日光熱力已不奏效時，始改用人工加熱法。兩法互有優劣，須因地制宜。茲將第二法亦摘要簡述於下：

將  $35^{\circ}\text{B}$ . 苦滷導入另一結晶池中，俟夜間溫度降低，（夏季夜間溫度在  $12^{\circ}\text{C}$  以下之地方，始能施行本法）即有純度甚高之硫酸鎂析出，翌日晝間，則因日光蒸發，而有氯化鈉硫酸鎂及少量氯化鉀之複鹽析出。第二日夜間又因降溫，再析出硫酸鎂，比重降至  $33^{\circ}\text{--}34^{\circ}\text{B}$ .。第三日晝間復因蒸發析出硫酸鎂，氯化鈉，氯化鎂，溴化鎂及鉀鹽，鉀鹽之 55% 為硫酸鎂鉀  $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  Potassium sulfate，及氯化鎂硫酸鎂鉀  $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  Potassium chlorosulfate 之複鹽，此時苦滷濃度約達  $36^{\circ}\text{B}$ .。第三日夜間，因降溫可析出三氯化鎂鉀  $\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ，此時苦滷濃度已達  $37^{\circ}\text{B}$ .，如此日夜蒸發，降溫，析出種種混合鹽類，統稱為夏季鹽。其中所包括者約為粗鹽，硫酸鎂，硫酸鉀鎂複鹽，氯化鉀鎂複鹽等，再將此項夏季鹽精製（加熱，溶解，冷卻），即可得芒硝，氯化鉀，溴等。

本法之特點為節省燃料，但因地基之滲透，易損失原料，且為利用苦滷之全部起見，手續過形繁複，僅適於邊區或小規模之工廠。至此最初汲入之海水所含成分，業利用殆盡，所含水分亦全數

蒸發。海水一千公斤之蒸發比例為日光熱蒸發 988 公斤，人工熱蒸發 12 公斤，故所需之燃料費額，可由此得知其消費甚少也。

海水中所含之成分，至此業以各種鹽類形狀析出，茲將一立方公尺海水中，理論上可析出之各種鹽類量列表於下：

鹽類名稱	數 量
一 等 鹽	12.912公斤
二 等 鹽	7.896 ”
三 等 鹽	4.848 ”
純 芒 硝	2.150 ”
80%氯化鉀	0.404 ”
溴	0.847 ”
氯	1.080 ”
氧 化 鎂	0.640 ”

但實際所得約為理論數之 70 %，茲以年產 8,000 噸粗鹽為目標，推測各種副產物之實際產量列表於下：

鹽類名稱	數 量
一 等 鹽	1,800 噸
二 等 鹽	1,000 ”
三 等 鹽	600 ”
純 芒 硝	300 ”
80%氯化鉀	56 ”
溴	48 ”
氯	150 ”
氧 化 鎂	90 ”

註：製造氯酸鉀時，所需氯化鉀及氯之量，約為一與三之比，故此項副產品提收過程中所產之氯，恰好與氯化鉀合成為氯酸鉀。

如以市價計算上項產品之價值，可得知粗鹽價值僅為總值之一小部份。換言之，即萬一粗鹽不能出售，則雖全部拋棄，亦不影響全部事業。此點實為本研究之主要結論，蓋吾人處於目前之環境，對於產鹽研究之出發點，厥為「以最低最經濟之代價，獲得最廉最佳之工業用鹽」也。

上述各項數字均係以地中海海水成分為準繩，故與吾人實際所得略有差異，茲將地中海及太平洋海水成分之差別，附列於下，以供參考。

		地中海海水	太平洋海水
比 重		1.206	1.206
固 形 鹽		3.37%	3.50%
水 分		96.63%	96.50%
固 形 鹽 之 百 分 數	粗 鹽	77.07%	73.96%
	硫 酸 鎂	8.34 "	3.18 "
	氯 化 鎂	8.76 "	13.19 "
	溴 化 鈉	0.49 "	1.01 "
	溴 化 鎂		—
	氯 化 鉀	2.48 "	—
	硫 酸 鉀	—	3.85 "
	硫 酸 鈣	2.76 "	4.63 "
碳 酸 鈣	0.10 "	—	

附註：

巴氏第一法之機械裝置，甚為經濟合理，茲摘述於下：

在儲水池析出硫酸鎂後之 33°C. 苦澆經汲出後，即送

經一蛇形管，而入真空蒸發器，此蛇形管係裝置於內盛三氯化鎂鉀熱液之容器中。苦滷於通過蛇形管時即被加熱，此加熱苦滷用之三氯化鎂鉀液，乃係本法之產品。苦滷於蒸發器內，加熱至  $80^{\circ}\text{C}$ ，濃縮至  $34^{\circ}\text{B}$ ，再與加熱至  $40^{\circ}\text{C}$  之氯化鎂，同置於混合器中。此項氯化鎂溶液，亦係本法中之剩餘物品，回收使用者。混合器中之液體，經離心水泵，汲至分析器，析出氯化鈉硫酸鎂複鹽後，所餘殘液，即為含有三氯化鎂鉀及氯化鎂之溶液，經冷卻後即行析出三氯化鎂鉀之結晶。其冷卻之法，即係將此熱液，送經中通蛇形管之冷卻器中，蛇形管中所通過者，即為最初汲上之  $33^{\circ}\text{B}$  苦滷。換言之，本法係用苦滷冷卻三氯化鎂鉀熱液，而以三氯化鎂鉀熱液加熱苦滷，節省燃料及冷卻材料，復收一舉兩得之功。熱液經析出三氯化鎂鉀後，所餘即為含氯化鎂及溴化物之苦滷，除一部份抽出以供製溴外，其餘即充加熱後與苦滷混合之用。



# 鹽田工作概要

劉楷彙編

是篇材料係參照日人在華北及東北鹽田工作記錄彙編而成，並經黃工程師玉現，劉工程師智及王立德先生增添校正，惟遺漏之處仍多，因付刊在即，不及詳為增改，特此附註。

## 目錄

### 緒言

### 第一章 準備工作

#### 第一節 準備器材

#### 第二節 儲水

#### 第三節 排水

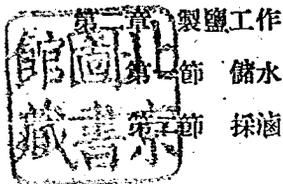
#### 第四節 畦畔溝堤及滷塘培修

#### 第五節 池底整理

#### 第六節 各段鹽池池底整理

#### 第七節 採滷工作

#### 第八節 害蟲雜草驅除及預防



第三節 結晶

第四節 採鹽

第五節 鹽之儲藏

第六節 關於降雨時之處置

第三章 年終工作

## 緒 言

鹽田工作爲一專門之技術，其工作良否，對於製鹽之成績有極大之影響。我國各鹽場之直接從事生產者，全憑以往相傳之經驗，其有豐富之經驗者，可獲質量並優。故從事鹽業者，均應對此種經驗澈底認識，勤慎施行，始能發揮最高之效能。茲就一般經驗所得，合於科學原理者，列述於後。

鹽田工作可分爲準備工作，製鹽工作，年終工作三項。

- (一)準備工作：——在每年春季開始晒鹽之先，關於製鹽上所需施行之一切準備，皆屬於準備工作。準備工作開始時期，應在春初解冰期，或冰凍期終了後爲適宜。
- (二)製鹽工作：——準備工作完畢後，進行產鹽所施之工作謂之製鹽工作。
- (三)年終工作：——製鹽工作結束後，鹽田仍須加以整理；以備下年可早期製鹽，此項整理工作，謂之年終工作。

## 第一章 準備工作

準備工作開始時期，因各產鹽地域氣候均不相同，故不能一律而略有遲早。普通由春初解冰期(約自二月至三月初)起，至四月初旬或中旬止，在此期間施行之。惟急於早日開始製鹽工作者，恒將準備工作提前開始，其工作因氣候之影響，多未待完滿即告終止，

致池底整理難以堅固，不但池底易於軟弱，且減少產量，亦為致成鹽質低下之主要原因。故準備工作之開始時期，應慎重決定，以防後患。因解冰期雖至，而寒風不時襲來，恒使已着手之工作，復被凍結破壞，徒費勞力，毫無所得。且池底表面，雖已解凍，但地表下部則仍未解凍，此時修整完成之池底，並不堅固，以後施行其他工作時，不但進行遲緩，且難收滿意之效果。故決定準備工作開始之時期，對於天時，須特別留意。

準備工作計分為準備器材，儲水，排水，修理畦畔，挑溝，挑渣塘，整理池底，採滷等工作，茲分別詳述於後：

## 第一節 準備器材

鹽田器材之整備。在上年度年終工作時，雖大部份應告完成，惟準備工作期間，仍須繼續施行檢查，以期萬全。器具機械數量，及損壞者有未加以補修，應詳為檢查，並須注意勿遲延<sup>妨</sup>礙一般工作。關於購買補修所用之準備材料，及如一旦外堤決潰時，或其他非常變故所需準備之材料，尤應預先購備，以備不時之需，而免臨時匆忙。或竟因此措手不及，常使鹽田蒙受重大損失，為準備工作中，應行注意之點。

## 第二節 儲水

一、海水為產鹽之原料，不論任何期間，儲水池應備存所需要之水量，此為鹽田最主要之準備工作。在上年結冰期間，雖各儲

水池應已保有豐富之海水，以備下年春初製鹽之用，然在結水期間，儲水池所保留之海水，因蒸發滲透而減其量。高地盤之鹽田，每逢準備工作期間易告海水不足，此種鹽田猶應特別注意儲水。故無論在冬季或準備工作期中，均須納入海水，並注意漏水程度如何，而加增減。

- 二．納入及儲存海水之方式可分為二種，一種為預儲式，當潮位高出於納潮溝水位時，將閘門提起，海水即流入納潮溝內。潮位低落時，即將閘門關閉儲存，以備用動力或人力，將儲水揚入汪子（大蓄水池通稱）。一種為現儲式，即每逢漲潮時，由納潮溝將潮水引入動力揚水機房內，凡能達到揚水之水位時，即將揚水機及時開動，將海水揚入小蓄水池或汪子內存儲。二種儲水方式均受潮位之影響，尤其第二種方式，更受時間上之直接限制。如在高潮時，未及揚水，或機器發生障礙，即失去儲水之機會。故欲使海水得藉高潮灌入，對於潮位之高低及漲落時間，事先應有準確之記錄，以便準時使用動力。在漲潮時，待納潮溝之水位與外海之水位相平時，即將水門開啓，使海水藉潮位高差流入納潮溝內。一俟外海之水位低下（退潮），隨之而將水門關閉，納入之海水可得保留於納潮溝內，以備隨時揚汲。
- 三．潮汐：納入海水之時間必須準確，應參考潮位表，以便及時揚汲或納儲，不能錯誤。潮水之乾滿時間，通常一日有乾滿二回，其週期約半日（平均十二小時又二十五分），且潮汐之來臨

每日遲緩約五十分鐘。朔望時及其後二三日，有大潮來臨，上弦下弦及其後二三日有小潮來臨，時期甚為準確。潮汐與太陽亦有關係，春分與秋分潮位高，夏至與冬至潮位低。此外因風雨，氣壓，氣溫，等氣象條件及海岸形勢地位之影響，海水水位亦有變化，亦須特別注意，例如

- (1) 陰雨時潮位高
- (2) 氣壓低時潮位高
- (3) 海水位高時潮位亦高
- (4) 風向與潮流同向海岸時潮位高

註：本條係就東北鹽場之經驗，是否一律適用尙待研究。

以上各條均影響潮位之高低，於納潮時應特加注意，除陰雨海水濃度較低外，其他潮位增高，能納入海水時，應盡量納入存儲，勿失時機。

### 第三節 排 水

- 一，結冰期未泡灘之鹽田，因存積之雨雪溶化，池面受淡水浸潤，而形成泥溜，須先將其排出，俾使畦畔地盤得以迅速乾燥。
- 二，結冰期中已泡灘之鹽田（即在冬季灘池灌以相當濃度之滷水，以保護將被冰結之鹽田），應先測量池內滷水之比重。其比重較海水高者（一般均高，有時亦可能因雨雪過大，使濃度降低，致低於海水），應集中適當之處，（如在結晶池時，可集中最下段或滷塘內），以備整理地盤，或以後製鹽使用。若比

重較海水低時，須將其排出，但應參酌鹽田需要海水量如何而定，不排出鹽田，亦可使其導入蒸發池或滷塘，以供補充海水之不足。

- 三、夾溝，集中溝，分水溝在冬季所溜滯之水，亦應依照上法處理之。

#### 第四節 畦畔溝堤及滷塘培修

- 一、氣候溫暖結冰溶化時，首先施行排水工作，同時開始修理畦畔挑挖水溝等工作。待解冰完畢後，始可開始整理池底工作。此等工作大部份雖在年終工作時期施行，然其完成則多半在準備工作期間。惟切勿再遲延至製鹽工作時期，以免妨礙製鹽。
- 二、畦畔修整：畦畔俟修成規定之形式，並待至適宜乾燥之狀態後，拍打堅固，如有破壞之處，取池內或水溝內流下之土壤（鹹度較高者），補修原形，再拍打之使之堅固。

製鹽初期降雨後，或新築鹽田其土壤尚未成熟者，遇過度乾燥易現風化狀態，以致於崩壞。此時須多用滷水浸潤，使增加土壤粘着力。對於過於浸潤之處，（如結冰期間泡灘之畦畔及水溝兩側之畦畔），應排水使其乾燥，在未十分乾燥前，不得從上步行，因畦畔軟弱未固，易留足跡，並易破壞。再畦畔因凍結而生裂紋之處，須用鐵鍬鏟平，並堅打之。

- 三、挑挖水溝：灘池各水溝及所屬之水口，在年終工作期間，整修

工作雖告一段落，然經過結冰期，受雨雪及其他之影響，恆使畦畔之土砂流出而淤入水溝底部，此時應迅速排除，並利用整理池底及其他工作之餘暇，將破壞各處補修原形。溝底及溝之兩側，亦照畦畔同樣堅打，以待乾燥，溝之兩側容易破壞之處，宜用舊席及椿板防護，使不致再行坍塌損壞。

四、涵塘：在年終工作時期雖已修理，但因冬季凍冰期間儲藏滷水亦受相當損害，此時應先將滷水用抽水機或用人力水車汲出放置他處，待乾燥後挑去淤泥，堅打斜面，其工作方式與三項同。

五、外堤亦有時因結冰而受損壞，故準備工作期間，應迅速調查加以修補。

六、海水納入水路（納潮溝），應在年終工作時，大部份挑好，然因結冰，降雨，降雪等，而被淤埋時，應在準備工作期間迅速挑挖。臨海之納入水路部份，須在潮位較低期，即結冰終期（一月下旬或二月初），挑挖疏導較為有利。納潮溝深度是否足夠，對於納潮量有直接關係，應事先特別注意。

### 第五節 池底整理

池底在結冰期中，受地下水及冷縮等原因，地面多生高低凸凹之裂紋，池底亦現輕軟（此種現象尤其對於新鹽田，更為顯著，因地盤尚未安定），對於製鹽工作影響甚大。故當準備工作時，應留意整理池底。其工作可分為除去苔藻，鏟除石膏，提除鹽分，翻地，躡固，小耙，大把，碾池子，平池底，壓池堅固等工作。

- 一·除去藻苔：海水中浮游之藻苔種子，發育於蒸發池濃度較低地區，此項發育之藻苔，隨同池內滷水往下移動，易附着於池底上。應待至解冰期俟其乾燥，隨乾燥進步之程度，而生裂紋，脫離池底，利用此機會用小耙取出（因藻苔類叢生易使蒸發池蒸發效能減低，故應除去）。
- 二·鏟除石膏：海水中含有之石膏，在蒸發池下段及調節池（俗稱滷台）析出，沉澱乾燥後，池底面現有裂紋，待其與池底脫離時，可用小耙鏟除。

以上兩項工作，年年重覆施行時，池底易因之低下（藻苔石膏除去時帶有土壤），而與下段地位之差，發生變化，使採滷工作受其影響。故對於除去之方法，應參酌勞力及藻苔，石膏之處理等問題，慎重研究。至剷除之藻苔石膏，待其充分乾燥後，壓成小片，可移至附近畦畔上堅打（加水施行），以增加土壤之粘着度，並可減少畦畔崩壞（有機物混入砂質土壤內時增加其剛度，混入黏土內時，減少強度，石膏混入時則相反）。然如此實行後，畦畔漸漸增大，應於適宜之範圍內施行之。

- 三·提出鹽分工作：土壤含有鹽分量多寡，與地盤粘着力（韌度）有密切關係。滷度低時，池底不易緊密，發生洩漏。若過高時，僅地表面緊密，而內部鬆軟，不易乾燥。在此種情形下，池底整理難期達到圓滿效果。故在滷度高之地盤，或結冰期用濃度過高之滷水泡灘池區，應首先施行提出鹽分工作以整理之（凡因蒸發溫度下降，見有鹽，芒硝析出之池區，須先

施行洗滌)。

實行洗滌時，可用八度水，提出鹽分時，在可能範圍內用更低度之滷水，並時常用小耙攪拌，然後放置一二日，待浮游物(黏土)沉下，將上部澄清之滷液排出。前項排出之滷液，其比重上昇達十六度左右者，應集中於適當之處，以補助採滷工作或堅固地盤時使用，不可拋棄。

四，翻池工作：新開鹽田地盤未熟現鬆軟者，應依照地區程度如何，而着手翻池工作，此種工作其目的在使上下土質均勻，並防止海蟲類之鑽入。先用鋤或鐵鍬將土壤鋤翻，約深二十至三十公分，俟土壤充分乾燥後，將土塊粉碎，再實行踩實工作。

五，踩實工作：翻池工作完畢，土壤乾燥粉碎後，灌入濃度較低之滷水，使土壤濕潤，留水若干，多者均排出之。然後由鹽工排成一橫列，自鹽池之一邊，向對面用十公分之步寬，一齊慢慢前進踩路，使上下土壤均勻黏合。如此反復數次，使池區全部土壤勻合後，再補灌滷水，用小耙大耙迴轉練合，並埋平足跡，同時使池板坦平後，將水排出之。

六，小耙工作：池內滷水排除後，即施行小耙工作。在池子一邊，由數人各持小耙，以耙刃面接觸地面，將池中所有之沉澱泥土及殘存滷水，一併往前推動，往復來回，互相連絡，向對面畦畔前進。及達至畦畔時，用小耙背將沉澱泥土內之殘存水，用力推出畦畔外。但小耙工作須注意切勿損壞池底之表面為要。

- 七，大耙工作：在小耙工作後施行。由數人用大耙背推平地面，各人接踵前進，與小耙工作略同。由池之一邊起前進，或由中央起均可，成渦卷狀，向內方或向外方推動大耙前進，使池面平坦。以上小大耙工作，為整理池底工作之一主要部份。
- 八，平池底工作：池面凸起部份土壤，應用平鍬鏟除斷為小片後，補添凹下部份。工作時必須考慮地面之水平，及前後池區高低相差之坡度。如相差不適當時，或由池外抬入土壤，或由池內取出，均視池之地面高度而定，斟酌情形施行。一般平池底時，多用目測，因池之面積大小不同，相當困難，須要有熟練之經驗。比較容易而正確之測法，即在風小時，利用水深灌入極薄之水，而測定其高低凸凹。尤以結晶池須要十分平坦，故應用灌水法測定之，以便檢查修整。
- 九，碾壓工作：池底碾壓工作，通俗稱為壓池子，先將池內滷水放出，俟土壤乾燥至適當程度後，施行緊壓工作。其乾燥程度以碾子表面不黏土壤為度。壓碾時注意之點，即使碾子直線進行，及進行到畦畔前約一公尺附近時，即將碾子一端用驟然之力前拉，於是碾子向斜側進行，抵達畦畔後復歸正位，返回時與上回所壓之碾跡，約有十數公分之重疊。如是反復來回碾壓，縱橫操作各一次，謂之壓池底一回。第一回碾壓完畢時，因池底受碾子重壓，地中水分透出，而地盤濕潤，待其乾燥後，再行第二回壓池工作。若不待乾燥而繼續施行碾壓時，則地盤反形鬆軟，不但徒費勞力，且以後整理益感困難，此

種情形，應切實禁止。壓池回數，視地盤堅固程度而定，普通爲二回或三回，多壓徒費人工，反就誤產鹽時期。

## 第六節 各級鹽池池底整理

一、蒸發池及調節池池底整理：是項工作對於採鹵工作有密切之關係，須在結晶池整理完畢時，即灌入鹵水（飽和）前，將蒸發池整理告竣。

蒸發池整理工作通常須施行二至三回，整理時應參酌地盤軟硬程度施行之。爲免遲延開始採鹵，俾製鹽成績不致低下，整理一回至二回亦可，以便着手其他工作。

蒸發池內之轉水溝，因其形狀每多不同，故整理方法亦隨之而異。梯形斷面之轉水溝，應在壓池工作後整理。若底部爲緩曲形者，可與平池底工作同時整理，然後再行壓池工作。

轉水溝係與畦畔並行，寬約三十至五十公分，深約二至四公分。沿下部畦畔之轉水溝較深，易於輸鹵，並促進蒸發（容易對流作用，濃厚之鹵水可集中於此）。轉水溝之位置，須距離畦畔約一公尺以外，俾免受畦畔直接坍塌之影響。

二、結晶池（鹽池）池底整理：此項工作爲鹽田工作之主要部份，其工作之優劣，關係鹽質及產鹽量至鉅，工作時應特加注意。普通之結晶池，如所存鹵水濃度較高（濃度在二十度左右者），且無鬆軟現象或浮土時，可即作壓池工作，惟此種情形甚少。每多先將池內所存鹵水放乾，如地盤不易乾燥而

生軟弱時，可用濃度稀薄鹵水或海水灌入而提出鹽分。在冬季結水期中泡灘之鹵水，在池中析出之鹽類，亦須施行洗滌除去法，提出鹽分。是項工作完畢後，即行排水及大小耙工作，而使地面平坦後乾燥之，再施行數回池底碾壓工作。在成熟之鹽田，有泡灘鹵水時，可以在排水洗滌乾燥後，施行碾壓。在無泡灘鹵水時，逕行壓池工作即可，一切均須視鹽池之實際情形如何，再決定施行何種整理工作為相宜，方不致有誤探鹽時期。

結晶池之平池壓池工作應特加注意，務使平坦並堅實。如池底不平時，水深難以保持平均，為鹽質低劣之主要原因。對於整理地盤軟化之池區，應首先調查其軟化原因，明瞭後，再施行整理。軟化原因不外為地下浸透，地盤鹵度較高，或工作未能達到滿意之程度等。

地下浸透：其原因大多係因該鹽田兩側之排水溝較高，致淡水浸入池內。防止之法，如求簡便經濟，可將溝挑深，或在池下層（須離開池面四十公分以上）設置亂石暗渠，以便排除淡水。

地盤鹵度較高：此種情形亦可使鹽池發生軟化，整理之法須施行提出鹽分及壓池工作，地盤軟硬及工作如何施行，與所使用鹵水之比重，有密切關係。在鹵度未昇進之地盤，其硬度與原鹵水濃度成正比例，亦不增進。因此地盤不十分安定，而引起漏洩。如鹵度過高時，現出膠合狀，帶彈性，地

下部份隨成鬆軟狀態，照此整理，欲其成爲完全滿意之地盤，頗感困難。必須另行翻池工作，全部重行整理，依照規定程序施行之。適度過高而生成地盤軟化時，先用適度較低之滷水，施行提出鹽分工作後，俟地面乾燥而生裂紋，待達到能行人而留有踪跡程度時，施行壓池工作，將裂紋壓合，再行乾燥一二日，至再生裂紋時，施行第二回壓池工作。如地盤濕潤，應俟乾燥後（待生裂紋）再施行壓池工作。及至受壓後，池面之濕潤程度微小時，稍乾燥後即可灌入滷水。如適度及乾燥度不適當時，由裂紋而至乾燥時，即現出風化狀態，故對於工作施行，應須注意爲要。

壓池工作使用之滷水，依照地盤軟硬，而定適度高低。最初用比重較低者，逐漸提高滷水濃度。例如第一回壓池使用之滷水約五度（熟田十度），第二回十度，第三回十五度左右，以次序而灌入。砂質易漏而軟化之地盤，其整理工作應先行翻池後，再行一般整池工作（此時可調查地下土壤三十至五十公分之土層）。特別對於黏土分極少而發生滲漏之地區，應參酌勞力費用之經濟與否，可能時由灘外或鹽池外搬運黏土，或施行其他方法以圖改善鹽池池底。

## 第七節 採滷工作

蒸發池第一段整理告竣後，可即灌入海水（須考慮當時之蒸發量及整理情形）。灌水之深淺，依鹽田構造之不同而異。普

通第一段水深為六公分，第二段於準備工作告竣後，開放水口板，將第一段之滷水放出，待第一段所存滷水完全放出時，再作第二回灌水。惟此期間之灌水，為期工作之圓滿計，可待至第三段以至第四段蒸發池整理工作告終後，灌入第一段海水方較有利。如此按段放水，漸漸可得濃厚之滷水（各段滷水存放之期間，依鹽田之構造，及當時工作進行程度，氣象關係，而有伸縮）。工作期間，應注意嚴禁將濃淡兩種滷水混淆，而致濃厚滷水被淡滷稀釋。

依前項之操作，蒸發池內滷水逐漸放出，至最下段時，其濃度約達飽和點附近，即灌入結晶池（鹽池），促其結晶。如到達最下段後，仍未達到飽和點時，可將此項滷水作為壓池子使用，或灌入整理完竣之結晶池內，使其蒸發。

準備工作進行期間，有時可在結晶池施行採滷工作。然此並非良好之步驟。在結晶池移送滷水與修理池底有深切之關係，須考慮滷水配置之比重，而行修理。同時對於落差，地盤熱度，利用有益之方策，施行採滷工作。

結晶池池底尚待整理之池區，其所存之水，可放至其次下之池區，俾施行整理工作。惟灌入滷水時，應俟池底乾燥後，且為利用其地熱，可使蒸發加速。最應注意者，灌滷切勿在日落時施行（第一次灌入結晶池），因晚間地溫急降，鮮著效果。

各池區整理工作反覆施行後，所需用滷水之濃度亦隨之而增，同時鹽池池底整理亦可以進行，至結晶池修整完成時，適度滷水即可源源供應。

## 第八節 害蟲雜草驅除及預防

鹽田有害物主要為海藻，雜草，沙蠶，蟹，螞蟥及鑽蝕木料之蟻虫等，撲滅此種有害物之方法雖夥，但因鹽田廣大，鮮有絕對適當者。茲將比較價廉易於施行之方法簡述於下：

- 一、海藻類：其種子微小，自儲水池進入導水溝，蒸發池內發育生長。為防止海藻類之進入，在水口處設置細網過濾之，可達防止之目的，此外在海藻發生之池區，將其除去，或如準備工作所記載之取適宜池區將滷水放乾後，利用強烈日光將海藻等曝乾使枯死之方法，亦可達到防止之目的。
- 二、蘆葦雜草：鹽田內整理工作未顧及之處，常有蘆葦或其他雜草叢生，防止或除去之法，可用石灰撒布在叢生之地，使其不能生長而撲滅之（石灰用量按叢生之密度而異，約每平方公尺五公斤，撒布後，可達到目的）。普通農田雖可用硫酸銅除草，惟在鹽田無效（氫離子濃度高）。
- 三、沙蠶：此種蟲類，恒穿穴於地下深處棲居，鹽田如發現有沙蠶，製鹽受其害甚大，應迅速設法撲滅。其方法可在該地區繼續灌入濃厚之滷水，惟此項撲滅法，在蒸發池上段等處施行較困難。比較容易且價廉而能達到目的之法，係使用碎煙草。其法利用池中之滷水將放入於下段時，將碎煙草裝滿布袋內，橫放在流水畦口處，再放上段之滷水（或海水）流下，同時用腳踏在布袋上，使其浸出之液，散布全池之中，並用小耙時加攪

拌，使浸出液均勻，此項浸出液可使沙蠶棲息困難，遂由穴中爬出而死滅。死滅之沙蠶應速拋棄鹽田之外（如不急速拋棄恐再復生）。其他亦可使用胍氰化鈣  $\text{CaCN}_2$  (Calcium Cyanamide) 撲滅，即將胍氰化鈣散布滷水中，其操作與使用碎煙草相同（胍氰化鈣使用量滷水一平方公尺約用 0.07 公斤，即可達成目的）。

四，蟹，螞蟥：與沙蠶同樣到處穿穴棲居，鹽田被害甚大。蟹與螞蟥對於濃厚滷水抵抗力甚弱，故隨同鹽田成熟程度，逐漸向上段淡滷地區移動。但對於碎煙草，胍氰化鈣之抵抗力較強，使用量雖超過撲滅沙蠶時數倍，亦難達到目的。最良之法，為在夜間用燈光引集捕捉之。

五，水蟻（水鑽子）：此項蟲類多在水閘，過水槽，護堤木樁，揚水機座基樁所用木材等處為害。常在浸入水中之木料上棲居，木質雖堅硬非常，未及一二月即可被鑽空朽。故於建造木材建築物時，應先在水中燒其表面，使表層炭化，或在木料表面滿塗殺蟲劑，如克魯蘇油 (Creosote) 或柏油，可以防止水蟻為害。如一旦被蟻蝕食，即無法撲滅。

## 第二章 製鹽工作

準備工作時期，海水經過濃縮所製成之滷水，及上年度所餘存之滷水，待結晶池修整告竣，即將適度之滷水灌入結晶池，經日

光蒸發結晶成鹽。由海水至成鹽所應施行之工作謂之製鹽工作，製鹽期間儲水，採滷，結晶，採鹽等工作須連續施行不能中斷。

## 第一節 儲水

- 一，儲水：不論何種鹽田，在一年四季中不論晝夜，應盡量存儲海水。原則上自以蓄水池充滿為佳，但如一旦堤防破損，其修理即感困難，而海水之損失尤鉅，在地盤較高之鹽田，或設揚水機揚水者，其因此所受之直接影響甚大。每年九月以後鹽田內消費之海水量，與揚水機揚水量之差漸大，致蓄水池內之存水量增多，同時風力又強，波浪較烈，堤防所受之損失率亦較大。故儲水之程度，須考慮鹽田地盤之高低，堤防之堅固情形如何，及下年春晒期間揚水機之揚水量與鹽田所需要海水量等項關係，可不必灌入在需要以外之水量。並為防止過量起見，應在蓄水池之適宜地點，設置水位標尺，以作水位之標準，規定存水之高度，使池中存水經常保持此高度，有時為保護堤防起見，亦可將存水量保持在更低水位處，以防萬一。淫雨時期水位如超過規定高度時，應注意排除之，切不可忽略。
- 二，其他關於儲水之各項可參照第一章第一節處理之。

## 第二節 採滷工作

製鹽期中，恒以採滷工作為第二要務，蒸發池面積佔鹽田面積平均約在百分之七十至八十左右，為結晶池所使用直接原料——飽

和滷水製造之虞。其成績優劣，對於鹽田能率有莫大之影響，故採滷工作較結晶池內工作，尤為重要。

採滷工作注意事項：

- 一，水深應保持一定之標準深度，依氣候溫度變化，加以適當之規定。
- 二，蒸發池除必要之外不得空虛。（放水後）
- 三，驅除海藻及害蟲類，極力防止其洩漏。
- 四，利用勞工餘暇，及秋冬季留用之鹽工，勵行平地盤工作。
- 五，注意檢查畦畔水門閘板之破壞與否。
- 六，其他事項照準備工作中所述各項辦理。

為促進蒸發工作効率起見，每一副灘應派熟練之鹽工一名，專司該區放水工作，使其工作正確，並切實執行前項各點，勿任其怠惰。

蒸發池之水深，存水日期與比重有不可分之關係，因各地之氣候，氣象，鹽田構造（各池間之面積比率），土壤之性質，其物理上之組成情形，及使用滷水之比重（濃度）等之不同，難以一定。應就各地鹽田實際情況，詳加考察，酌取適當之深度，使採滷工作之効能，達最滿意之程度。

砂質地盤滲漏較多之蒸發池，須薄灌海水，迅速促其蒸發濃縮，以期減少滷水之損失，或設法將蒸發池土壤加以改良，使其滲漏程度減至最小。惟此項方法非不得已不輕易採用，因所費殊鉅也。

降雨時各池格之排水口（閘板或泥土）高度，與池格內部滷水

之深度相同時，降入池格內之雨水可自然排出。降雨量較少時，稀釋滷度輕微，為害程度亦淺；不必將全池滷水盡行排除，而損失大量滷水。

每逢雨後應速觀測蓄水池，蒸發池，結晶池等，各池格滷水濃度，依稀釋程度，勞力關係，並參酌鹽田構造（排水便利否），保存海水或滷水量，以決定排水，放水，或留用，且須迅速處理，以爭取時間。

因降雨故，畦畔等處常有損壞，其程度雖微，破壞之處亦須迅速補修。若放置不顧，破壞益加擴大之後，費工費時，且影響製鹽工作。

蒸發池內繁殖之藻苔類，隨生長而浮於水面，妨礙蒸發。除去之法，可將池格乾燥，阻止其發育。但勿延誤採滷工作，如在採滷期中，須考慮結晶池滷水之需要量，可視情形留空一格，作為輪流乾燥之地。

依氣候，滷水濃度，滷水儲存量，結晶成績等關係，亦有將結晶池之一部作為採滷之用。在飽和滷水充足時，此種情形應極力避免，否則影響鹽田產量。

### 第三節 結晶

採滷工作所得之滷水，其濃度達到將近飽和點時（即至波美二十四度以上時），灌入結晶池，經日晒蒸發促其結晶。

結晶池池底之優劣，對於製鹽工作，直接影響鹽之品質及生產

量。故在製鹽期間，應時刻注意池底變化，如發生不合用狀態時，即加以適當之整理，然後灌入飽和滷水，使結晶鹽析出時，色澤，品質均能優良。

補給滷水（續滷）：滷水在結晶池蒸發後，結晶鹽析出時，滷量亦同時減少。為使結晶池保持一定水位，俾鹽陸續結晶起見，應陸續補給滷水（飽和滷水），此謂之續滷。

結晶池灌入飽和滷水之先，須考察其水量，及補給滷水量之多寡，而預定灌注結晶池格數（面積）。從結晶池最下段起，選擇地盤良好之池格，灌入滷水。此時如誤定結晶池格數，即生補給滷水之不足或剩餘之弊，不能發揮鹽田之最大效能。滷水供給多於所需要量時，結晶池不能完全消化，生成之滷水，在此情形下，不得不俵藏滷塘或他處。反之，結晶池格過多，補給滷水不足，則結晶池之飽和滷水，殊難保持規定深度，結晶面因之部份露出，減低結晶效率。如補給未飽和之滷水，不但溶解析出成鹽，且在相當期間內，結晶現象反因之中止。故生成飽和滷水之量，與結晶池面積之配合，對於製鹽能力，關係甚大。如欲結晶成績圓滿，此項工作實堪注意。

新滷水飽和點，在鹽田為波美比重二十五度至二十六度。（氯化鈉飽和點在攝氏十五度，為波美比重二十四度。鹽田滷水因含不純物，且溫度略高，故其濃度上昇。）滷水在蒸發池下段達到此項濃度時，即灌入結晶池上段，使其繼續蒸發。

滷水灌入結晶池之時間，應在整理池底之後，池底溫度上昇時，

徐徐灌入。結晶池之適宜水深，普通約為二公分，在蒸發旺盛之時，水深可達五公分。如天氣良好第一次灌入滷水後，即有一部份鹽之結晶析出，而滷水已見減少時，應再灌入新滷，使仍不超出規定水深，灌入新滷之時間最好在早晨，否則將影響鹽之結晶。

採鹽後所剩餘之濃滷稱為苦滷，其濃度在波美廿九度半以上，其中含有之氯化鈉量減少，不純物質增多。如作製鹽滷水使用，則生成鹽質較劣，生產量亦低。但因此項滷水中，尚含有一部分之氯化鈉，可混入新滷水，而促進比重上昇。但此種苦滷，經數度使用之後，不純物含量增加，不宜再加利用，可另行存儲，備製副產品之用。

苦滷與新滷水混合時，須在調節池施行，切忌在結晶池內加以混合，因兩種滷水混合後，新滷水內所含之硫酸鈣，因溶解度減小，結晶析出。故如在結晶池混合時，則硫酸鈣析出，混入鹽之結晶內，使鹽質低下，且池底因之而疏鬆。如在調節池內混合，雖生成硫酸鈣，尚無大礙，採除亦甚便利。

理論上一般新滷水比重在二十五度左右，舊滷水在二十七度時（新舊滷水氯化鈉多寡不同），氯化鈉應可析出，但因氣候，氣象等關係，有時不能析出。此時撒布少許粗鹽（劣等鹽），或用小耙攪拌滷水，促其開始結晶。撒布少許粗鹽之目的，為生成第一段結晶核，由人工促進結晶。用小耙攪拌滷水，係給與過飽和滷水以衝擊，促進結晶核之生成，以便結晶開始。

結晶池滷水之深度，對於製鹽之品質及產量有關，按其地盤如

何，而定水深。水較深時生產量減少，而鹽粒密結，品質優良。水薄淺時，蒸發迅速，結晶急驟析出，產量增加，而其結晶粗鬆，且多混有苦澇，品質低下。水深淺之程度，依氣候，時節，地盤土壤，製鹽法之不同，而有差異。最薄者亦須維持析出之結晶不致曝露水外。一般不能薄淺至十二公厘以下為適宜，無論在何種條件下，其水深須保持一定，並須有適量之澆水以資補給。蒸發旺盛期，一日達到十公厘以上之蒸發量時，每日須補給三至四次，一般之操作，在最盛期一日補給二次，平時補給一次即可。在我國各鹽田，普通均採用淺水結晶法，較為適宜，其深度最深者亦不超過五公分。

鹽田內鹽之結晶，通常先析出於液面，成細粒飄浮。待附近結晶互相附着，或本身漸漸成長至相當重量時，即逐漸下沉，而完成結晶。有時最初即由底部析出結晶（蒸發遲緩，溫度低，結晶析出速度甚慢時），如是陸續生成之結晶，遂在池底上累積成層。

#### 第四節 採鹽

結晶池內鹽結晶析出，達到相當厚度時，應及時施行採鹽工作。採鹽時，一般因產量及勞力關係，難以逐日採取。通常在結晶最盛時期，每多隔日採鹽一次，每次採取結晶池格之半數，俾可日日交換採取。

採鹽時間除陰雨時例外，平時大多在早晨或黃昏。惟春初秋末，採鹽時間應在上午十時前後，因是時天氣尚寒，鹽中不免尚夾

有芒硝，故須迎日採鹽。採鹽後，如池底損壞或有不妥之處，應加以修整，並調換滷水，灌入新滷。如打鹽工作於蒸發旺盛時間施行，則妨礙結晶析出，而影響產量，應避免之。

在結晶層達到相當厚度時，灌入飽和滷水，使其深度增加。將採鹽工具備好，先用小耙背將結晶面輕打，並往前稍推，使結晶面脫離池底，同時使結晶層破壞而疏鬆，採收可較便捷。應用小耙完畢後，以池之中央線為界，用大耙往兩方拉分結晶鹽粒，使集於畦畔附近成龍狀（如屬畦畔揚鹽式，自鹽田內有淋坨者，將結晶鹽直接拉集畦畔上，使母液分離），再用小耙將鹽堆成尖堆（尖堆一個，其量與大筐容量相等，或倍之較便）。然後用木鉢裝入畦畔上所準備之大筐內（為便於調查所取鹽量，裝入大筐之鹽，須為一定之量），抬至淋坨上（結晶池旁堆鹽之處），堆積二三日，使母液分離後，再抬至灘坨儲存備運。

採鹽工作完畢後，如天氣繼續良好，結晶池池底不發生軟化時，可繼續灌滷操作。在結晶期中應時時注意氣象之轉變，雖依測候預報，可預測其轉變情形，但對於局部地方之氣候，有無發生急轉之變化，如沛然作雲，驟然下雨等，尤應特別留意。在旺產之期，人力配備不足，而天氣不良時，應在夜間施行採鹽工作。但此種操作，勞力損失頗大。故在日間工作時，應注意氣候之轉變，如有降雨之趨勢，在可能範圍內宜迅速於日間將採鹽工作趕辦完竣，並將滷水放入滷塘。此舉於勞力及生產上，俱受莫大之助益。總之，對於氣候變化之措置，須細心慎重考慮，並果斷迅速行之，

切勿遲疑不決，而蒙受更大之損失。

採鹽時添入飽和滷水之目的，為增加水深利於產鹽，並減少混入結晶內之不純物，而稀釋母液。因結晶析出後之母液，含有氯化鎂，硫酸鎂及其他不純物質，若用原有之母液時易使結晶上附着較多不純物，品質因而降低。增灌飽和之滷水後，可使附於結晶鹽之不純物溶解或洗去，使鹽之品質增高。

採鹽後之母液（在未超過波美二十九度時），在池底未軟化範圍內，除超過需要水深時應將多餘者排出外，應繼續存留池內，析出結晶。然母液發現混濁時，可提入調節池靜置之，其上部澄清之滷液，與排出之母液，可作為補給滷水，連續使用。惟補給滷水，在可能範圍內，應使用新滷水。結晶已析出而較濃之母液，對於製鹽工作不發生障礙時，可排除保存，以為製造鹽副產品之原料。凡設有苦滷工廠之處，其鹽田採鹽所剩之母液，達波美比重二十九度或三十度以上時，不再使用，即輸送工廠，以充原料，而另行補給新滷水，以圖鹽質優良。

池底改新：經過數次之採鹽而池底軟化時，宜速行整池工作。否則即生成含不純物質或色澤惡劣之粗鹽，且產量低減。採鹽期間，惹起池底軟化之主要原因如次：

甲，準備工作及以後整池工作不充分

乙，工作未能完全而過度採鹽

丙，遇雨而池底受損傷

甲乙兩種原因所生成池底軟化之現象，可於黃昏時蒸發較緩之

際，採鹽完畢後，灌入適當比重之滷水（使殘鹽完全溶解，其比重約十五六度）。俟夜間殘鹽溶解後，將其溶液提入適當之地區，作為滷水。該池即行大小耙工作，平池子，其他均依照準備工作中所行之各項工作，將池底整理至適宜之程度。俟完成後，復灌入新滷，作為結晶池使用。丙種原因係由雨後受淡水之影響，因排水不足，而將池底破壞，亦須重加整理。遇池底發生滲透現象時，對於鹽田排水設施，應予改善，使淡水水位不致危及結晶池池底，方為適合。

有滷塘之鹽田，須常保持儲藏相當量之飽和滷水。蓋每臨豪雨，瞬息間滷水即被稀釋，因之不能立刻結晶，如有保存之滷水，仍可立即開始製鹽。

### 第五節 鹽之儲藏

採取之鹽，普通由淋地移至灘坨，以作臨時堆積，再運歸官坨或官倉儲藏。

鹽坨堆積之大小因氣候，堆積工作之難易，鹽量損耗，使用鹽蓋數量等關係，難以一定。其堆積之形狀，有圓錐形，屋頂形等。無論何種形狀，如採用小坨則堆積量少，堆積工作容易，包裝亦少困難，殘滷瀝出較盡。但鹽之損耗量多，遮蓋使用之草蓆或竹蓆數量較多，且在同一地區內不能有多量儲藏，為其缺點。如採用大坨，其利弊恰相反。

歸坨之鹽，須分別鹽類及等級，地區，按次堆積，待達所定之

數量時，施行封蓋工作（類如葦蓆上加抹厚草泥），以減少風雨損害。如屬同一等級之鹽，盡可能堆積同一地區，以明瞭其數量。

以上所述對於鹽之儲藏，其結果與採鹽工作同等重要。須妥為設計，使儲存之鹽能經常保持其質量。

## 第六節 關於降雨時之處置

降雨之前應極力設法迅速採鹽，同時將滷水放入滷塘保存，以減輕損失，而備天晴時應用。降雨之際，池內殘存之鹽，被雨水溶解，生成滷水，此時須觀降雨之狀態，將比重較高滷水，聚集適當之處，以便利用。如雨水過多，為免池底遭受損害起見，可提出少許，餘者殘留池內，或全部留於池內，以緩和池底被害。

降雨之際，時有添作夜工之必要，但夜間工作，諸多不便，其操作頗感困難。故在晝間工作時，應注意觀測氣候變化，如有雨意即速行採鹽。夜間只可處置滷水，如天氣驟變，夜間必須採鹽時，可用特備之工作燈，以期迅速便利。

降雨甚急時，可先處置滷水，隨之迅速採鹽，以免大量滷水稀釋。

豪雨及雨期時，畦畔及堤防等多受損害，且雨水易流入滷塘（儲藏滷水者），應時常巡視，以便防止或補修之。

雨期來臨氣候不定時，製鹽工作雖難期完成，然其間如逢氣候良好時，亦不應忽略採滷工作。鹽田各部之補修，倉庫器材之整理，修繕鹽田器具等工作，宜於此時施行。

豪雨或雨期，多量之雨水滯留於鹽田內，鹽田各處池底因之易致軟化，應設法迅速排除。雨期中，潮位較高，更兼降雨，宜特別注意外堤是否堅固，以防沖潰。

蒸發池降雨時之處置，於第二節採鹵工作中已有記載，茲不贅述。

結晶池雨後之處置，如池中尚有殘餘鹽粒，可用波美十六七度之鹵水，洗滌溶解，放出鹵水，用大小耙趕出混泥，及折出雜質。如無殘餘之鹽，則直接施行大小耙工作，晒池之後，再行壓池工作。

### 第三章 年終工作

在秋晒完了之後，臨結冰期將近時，製鹽工作停止，即開始年終工作。年終工作為下年春初準備工作之預備，在此期間，鹽田各部凍結之處理，及各部之整理，當與其他一般補修工作并行之。

在溫度下降時，鹵水各成分之間，發生化學變化，硫酸鎂，芒硝等每易析出，如此時仍繼續製鹽，鹽質必因之低下。故宜停止製鹽工作，所遺之鹵水，作為來年春晒之用，應儲藏之。在此時期中若採鹵工作鬆懈，對明春製鹽將有不利影響，故仍須繼續採鹵，不能疏忽。亦有利用冰凍時期施行水下製鹵者，對於明年春晒鹵水之供應裨益不淺，可視情形酌為辦理。

新鹽田尚未成熟之鹽池，臨凍結期時，其池底易遭凍結。為防止被凍，可灌入適度之鹵水，然地盤洩漏而鹵水損失過多時，須考察利害關係酌情處理。

成熟之鹽田，其池底無凍結之虞時，可不必灌水（泡灘）。但未設滷塘之鹽田，可將滷水灌集一定地區儲藏，以備春晒使用。

一般對於凍結期是否需要灌池，有許多不同之意見，首先應考察鹽田地盤良否，滷水之多寡，有無滷塘設備而決定，如長期灌水易使池底軟化。易漏之池底，有豐富之滷水，並有滷塘設備之鹽田，以不泡灘為有利。因待明春準備工作時，立刻可開始施行壓池工作。

製鹽期中如發現鹽田內部有不適當及缺點時，其修改工作雖可在次年春季準備工作中進行，但在可能範圍內，亦以在年終工作期間完成為佳。各池之落差高低，池底之凸凹，水溝斜度，淤塞情況等工作，如有餘力，應加以補修整理，使春季準備工作能提早完成。此外如滷塘損壞，宜迅速補修。調節池沉積之硫酸鈣，須於此時掃除。畦畔破壞之處，須補修之等等均可視勞力許可逐一進行。

凍結期內，製鹽工作雖已停止，無需海水，但蓄水池及導水溝內，仍需儲藏適量之海水，以備明春使用。且在結冰期內，每日亦有微量蒸發，至準備工作開始時，比重多能稍見上昇，蓄水池內海水比重之上昇，對於鹽田製鹽工作，影響頗鉅，下年之春晒，能否早日開始，全視上年度儲存水量之多少及濃度而定。

在年終工作時潮位較低，補修水門外堤較便，於此期間宜度量人力擇重要者加以補修。

製鹽工作使用之器材，於工作期中雖時加檢點其破壞程度及數

---

量，缺者添補，壞者整修。惟至年終工作時，尚需詳加檢查，即將器材齊集一處檢查，加以補修。將不用者整理，存入倉庫，此外宜準備所需要之準備器材，必於次年春季準備工作開始前完成，以免貽誤工作。

# 攸西克利奧(USIGLIO)氏蒸發海水之研究



張耀如 譯

本文係由「非金屬礦藏地質學 (Geology of the Non-Metallic Mineral deposits)」一書中擇譯而成者。(譯者附註)

攸西克利奧氏為義大利之化學家，距今八十餘年前，曾以法國地中海沿岸塞特 (Cette) 之海水為原料，將其蒸發，對海水中所含各種鹽類析出之分量及順序，作實驗之研究，茲將此項研究之內容敘述如下：

## (一) 海水試樣

塞特在法國南部，設有日晒鹽田，攸氏在夜間於距海岸三千公尺及五千公尺之二處，採取距表面一公尺以下之海水，作為試樣，此海水之溫度為  $21^{\circ}\text{C}$  ( $69.8^{\circ}\text{F}$ )，比重為 1.0258 (3.5°B.)，所含鹽分為 38.45 (千分率)，其成分則如下表：

## 海 水 成 分

種 類	百 分 率	每公升中成分(公分)
氧 化 鐵	0.0003	0.003
碳 酸 鈣	0.0114	0.118
硫 酸 鈣	0.1357	1.392
硫 酸 鎂	0.2477	2.541
氧 化 鎂	0.3219	3.302
氯 化 鉀	0.0505	0.518
溴 化 鈉	0.0556	0.570
氯 化 鈉	2.9484	30.182
水	96.2345	987.175
合 計	100	1,025.800

## (二)試驗方法

每次取海水試樣五公升(5129公分)，放入瓷製器皿，置於40°C(104°F)之溫室中，使其蒸發，以生石灰為除濕劑，隨時更換，並時時通以新鮮空氣。由溫室取出後，冷卻至常溫(21°C)，用濾過法分離結晶物，壓榨乾燥後，稱其重量，並測定殘液之容量及比重。

第一表 濃縮海水一公升，各種鹽類之分離順序表（一號表示減少）

比	重		母液量	濃縮析出之鹽類										析出鹽類合計
	21°C	12.5°C		氯化鐵	碳酸鈣	硫酸鈣	氯化鈣	硫酸鎂	氯化鎂	溴化鈉	氯化鉀	NaBr	KCl	
波氏比重	Octsenius	普通比重	立方公分	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaCO <sub>3</sub>	CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	NaCl	MgSO <sub>4</sub>	MgCl <sub>2</sub>	NaBr	KCl			
3.50	1.0258		1,000.0	0.0030	0.0642	—	—	—	—	—	—	—	0.0672	
7.10	1.0506		533.0	—	痕跡	—	—	—	—	—	—	—	痕跡	
11.50	1.0820		316.0	—	痕跡	—	—	—	—	—	—	—	痕跡	
14.00	1.1067		245.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.6130	
16.75	1.1304		190.0	—	0.0530	0.5600	—	—	—	—	—	—	0.5620	
20.60	1.1653		144.5	—	—	0.5620	—	—	—	—	—	—	0.1840	
22.00	1.1786		131.0	—	—	0.1840	—	—	—	—	—	—	0.1600	
25.00	1.2080		112.0	—	—	0.1600	—	—	—	—	—	—	0.3240	
26.25	1.2208		95.0	—	—	0.0508	3.2614	0.0040	0.0078	—	—	—	9.8462	
27.00	1.2285		64.0	—	—	0.1476	9.6500	0.0130	0.0356	—	—	—	8.1084	
28.50	1.2444		39.0	—	—	0.0700	7.8960	0.0262	0.0434	0.0728	—	—	2.7066	
30.20	1.2627		30.2	—	—	0.0144	2.6240	0.0174	0.0150	0.0358	—	—	2.3782	
32.40	1.2874		23.0	—	—	—	2.2720	0.0254	0.0240	0.0518	—	—	2.0316	
35.00	1.3177		16.2	—	—	—	1.4040	0.5382	0.0274	0.0620	—	—	29.9762	
析出鹽類合計				0.0030	0.1172	1.7488	27.1074	0.6242	0.1532	0.2224	—	—	0.5339	
母液中之鹽類				—	—	—	2.5885	1.8545	3.1640	0.3300	—	—	8.4709	
海水一公升之鹽類合計				0.0030	0.1172	1.7488	29.6959	2.4787	3.3172	0.5524	—	—	0.5339	
原海水一公升之鹽類合計				0.0030	0.1170	1.7600	30.1830	2.5410	3.3020	0.5700	—	—	0.5180	
差				—	0.0002	-0.0112	-0.4871	-0.0623	0.0152	-0.0176	—	—	0.0159	

第二表 海水—公升濃縮後母液中殘留之鹽類分量表

比 重	21°C 波氏比重	12.5°C Odensenius 普通比重	母 液 量 立方公分	鹽 類 量									
				氧化鐵 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 公分	碳酸鈣 CaCO <sub>3</sub>	硫酸鈣 CaSO <sub>4</sub> 2H <sub>2</sub> O	氯化鈉 NaCl	硫酸鎂 MgSO <sub>4</sub>	氯化鎂 MgCl <sub>2</sub>	溴化鈉 NaBr	氯化鉀 KCl	含有鹽類 合 計	
3.50	1.0258	1,000.0	0.0030	0.1172	1.7488	29.6959	2.4787	3.3172	0.5524	0.5339	38.4471		
7.10	1.0506	533.0	—	0.0530	1.7488	29.6959	2.4787	3.3172	0.5524	0.5339	38.3799		
11.50	1.0820	316.0	—	0.0530	1.7488	29.6959	2.4787	3.3172	0.5524	0.5339	38.3799		
14.00	1.1067	245.0	—	0.0530	1.7488	29.6959	2.4787	3.3172	0.5524	0.5339	38.3799		
16.75	1.1304	190.0	—	—	1.1888	29.6959	2.4787	3.3172	0.5524	0.5339	37.7669		
20.60	1.1653	145.0	—	—	0.6268	29.6959	2.4787	3.3172	0.5524	0.5339	37.2049		
22.00	1.1786	131.0	—	—	0.4428	29.6959	2.4787	3.3172	0.5524	0.5339	37.0209		
25.00	1.2080	112.0	—	—	0.2828	29.6959	2.4787	3.3172	0.5524	0.5339	36.8609		
26.25	1.2208	95.0	—	—	0.2320	26.4345	2.4747	3.3094	0.5524	0.5339	33.5369		
27.00	1.2285	64.0	—	—	0.0844	16.7845	2.4617	3.2738	0.5524	0.5339	23.6907		
28.50	1.2444	39.0	—	—	0.0144	8.8885	2.4355	3.2304	0.4796	0.5339	15.5823		
30.20	1.2627	30.2	—	—	—	6.2645	2.4181	3.2154	0.4432	0.5339	12.8757		
32.40	1.2874	23.0	—	—	—	3.9922	2.3927	3.1914	0.3920	0.5339	10.5025		
35.00	1.3177	16.2	—	—	—	2.5885	1.8545	3.1640	0.3300	0.5339	8.4709		

第三表 濃縮海水時母液一公升中所含之鹽類分量表

比	重		母液量	鹽類										含有鹽量合計
	21°C 波氏比重	12.5°C 普通比重		氯化鐵	碳酸鈣	硫酸鈣	氯化鈉	硫酸鎂	氯化鎂	溴化鈉	氯化鉀			
			公升	CaCO <sub>3</sub>	CaSO <sub>4</sub> 2H <sub>2</sub> O	NaCl	MgSO <sub>4</sub>	MgCl <sub>2</sub>	NaBr	KCl				
3.50	1.0258		1,000.0	0.1172	1.7488	29.6959	2.4787	3.3172	0.5524	0.5339	38.4471			
7.10	1.0506		533.0	0.0994	3.2811	55.7146	4.6504	6.2236	1.0364	1.0017	72.0072			
11.50	1.0820		316.0	0.1677	5.5342	93.9743	7.8440	10.4976	1.7481	1.6895	121.4553			
14.00	1.1067		245.0	0.2163	7.1380	121.2078	10.1171	13.5396	2.2547	2.1792	156.6527			
16.75	1.1304		190.0	—	6.2569	156.2942	13.0458	17.4589	2.9074	2.8100	198.7732			
20.60	1.1653		145.0	—	4.3377	205.5080	17.1536	22.9564	3.8228	3.6948	257.4733			
22.30	1.1786		131.0	—	3.3802	226.6862	18.9214	25.3221	4.2168	4.0756	282.6023			
25.00	1.2080		112.0	—	2.5250	265.1420	22.1313	29.6179	4.9321	4.7670	329.1153			
26.25	1.2208		95.0	—	2.4421	278.2579	26.0495	34.8358	5.8147	5.6200	353.0200			
27.00	1.2285		64.0	—	1.3188	262.2578	38.4640	51.1531	8.6313	8.2422	370.1672			
28.50	1.2444		39.0	—	0.3692	227.9103	62.4487	82.8308	12.2975	13.6897	399.5462			
30.20	1.2627		30.2	—	—	207.4338	80.0695	106.4702	14.6954	17.6788	26.3477			
32.40	1.2874		23.0	—	—	173.5870	104.0304	138.7565	17.0435	23.2130	456.6304			
35.00	1.3177		16.2	—	—	159.7339	114.4753	195.3087	20.3704	32.9565	522.8951			

第四表 濃縮海水時母液一公斤中所含之鹽類分量表

比 重	21°C 波氏 比重	12.5°C Ochsenius 普通比重	母 液(公 斤)	鹽 類 量 (公分)									
				氧化鐵 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	碳酸鈣 CaCO <sub>3</sub>	硫酸鈣 CaSO <sub>4</sub> 2H <sub>2</sub> O	氯化鈉 NaCl	硫酸鎂 MgSO <sub>4</sub>	氯化鎂 MgCl <sub>2</sub>	溴化鈉 NaBr	氯化鉀 KCl	合 計	
3.50	1.0258	1.000	1.000	0.0029	0.1143	1.7048	28.9490	2.4163	3.2338	0.5385	0.5205	37.4301	
7.10	1.0506	0.533	0.533	—	0.0946	3.1231	53.0312	4.4264	5.9239	0.9865	0.9534	68.5391	
11.50	1.0820	0.316	0.316	—	0.1550	5.1148	86.8524	7.2495	9.7019	1.6156	1.5615	112.2507	
14.00	1.1067	0.245	0.245	—	0.1955	6.4498	109.5218	9.1417	12.2343	2.0373	1.9691	141.5494	
16.75	1.1304	0.190	0.190	—	—	5.5351	138.2645	11.5409	15.4449	2.5720	2.4858	175.8432	
20.60	1.1653	0.145	0.145	—	—	3.7224	176.3563	14.7203	19.7000	3.2305	3.1707	220.9502	
22.00	1.1736	0.131	0.131	—	—	2.8630	192.3352	16.0541	21.4849	3.5778	3.4580	239.7730	
25.00	1.2080	0.112	0.112	—	—	2.0902	219.4834	18.3206	24.5181	4.0829	3.9462	272.4464	
26.25	1.2208	0.095	0.095	—	—	2.0004	227.3308	21.3381	23.5352	4.7680	4.6035	289.1760	
27.00	1.2285	0.064	0.064	—	—	1.0735	213.4780	31.3097	41.6387	7.0259	6.7906	301.3164	
28.50	1.2444	0.039	0.039	—	—	0.2967	183.1488	50.1838	66.5628	9.3823	11.0010	321.0754	
30.20	1.2627	0.0302	0.0302	—	—	—	164.2780	63.4113	84.3195	11.6381	14.0038	337.6477	
32.40	1.2874	0.023	0.023	—	—	—	134.8353	80.8066	107.7804	13.2387	18.0309	354.6915	
35.00	1.3177	0.0162	0.0162	—	—	—	121.2597	86.8751	148.2194	15.4591	25.0103	396.8241	

- 備考：(1) 第一表爲依氏之分析結果，並加列奧荷森紐斯 (Ochsenius) 氏改算在 $12.5^{\circ}\text{C}$ .之比重。
- (2) 依氏使用之浮秤，似以 $21^{\circ}\text{C}$ .時蒸餾水之比重爲1，而定波美比重計之刻度者。
- (3) 第二，三，四各表均係以第一表爲基礎而計算者，其第四表所列之數字與海水成分及母液變化各表所列者不相符合，係因根據第一表鹽類合計數算出。

### (三)母液之變化

#### (1) $25^{\circ}\text{B}$ . 時之情況

蒸發海水濃縮至 $25^{\circ}\text{B}$ . (比重1.210) 時，其容積減爲原來之九分之一，其成分則如次：

氯化鈉	22.2230
氯化鎂	2.4420
硫酸鎂	1.8714
硫酸鈣	0.1712
溴化鈉	0.4820
氯化鉀	0.4050
水	72.4554
合 計	100.0000

#### (2) $30^{\circ}\text{B}$ . 時之情況

蒸發濃縮至 $30^{\circ}\text{B}$ . (比重1.264) 時，容積減爲三十

三分之一，其成分則如次：

氯化鈉	16.830
氯化鎂	8.041
硫酸鎂	6.231
溴化鈉	1.161
氯化鉀	1.449
水	66.283
合 計	100.000

(3) 35°B.時之情況

更行蒸發濃縮至 35°B. ( 比重 1.320 ) 時，容積減為原來之六十二分之一，其成分如次：

氯化鈉	12.105
氯化鎂	14.796
硫酸鎂	8.676
溴化鈉	1.545
氯化鉀	2.497
水	60.381
合 計	100.000

(四) 鹽類之析出

由蒸發海水析出之沉澱物觀之(參閱第一表)可知在16.75° B. 以下時，僅有氧化鐵及碳酸鈣之沉澱析出，而硫酸鈣則於16.75°—20.60°B.之間，沉澱最多，在此濃度以上，漸次減少，

至 $30.20^{\circ}\text{B}$ .以上，即無沉澱生成。

氯化鈉於 $25^{\circ}\text{B}$ .以上，開始沉澱，在 $28.5^{\circ}\text{B}$ .以前；沉澱最多，至 $32^{\circ}\text{B}$ .以上，則僅有少量。

硫酸鈉雖與氯化鈉同時開始沉澱，但與氯化鈉相反，即最初析出較少，至 $32^{\circ}\text{B}$ .以上，則驟形增多。

氯化鎂雖亦與氯化鈉或硫酸鎂同時開始析出，但至 $35^{\circ}\text{B}$ .以上，始大量析出。

以上所述，係在 $40^{\circ}\text{C}$ 蒸發濃縮之結果，實際日光晒鹽在蒸發最盛期之晝間，其成績雖與此項研究之結果相近，但夜間及春秋二季溫度降低，則與此結果大有差異。故日晒鹽中不僅含有多量之氯化鎂，且有氯化鉀之存在。



# 關於海水濃縮率及蒸發率之研究

資料來源 日本專賣局中央研究所  
研究報告一九三二年十月份

鈴木寬 著  
侯元放 譯

## (一) 緒言

測定濃縮海水時之濃縮度，為製鹽學上重要研究之一。

茲以滷水中之氯含量為標準，研究濃縮度之測定法如下：

設  $V$  為海水量

$V'$  為滷水量

$Cl$  為海水中氯含量

$Cl'$  為滷水中氯含量

此四者間則有如下式之關係

$$V' = V \frac{Cl}{Cl'} \dots\dots\dots \text{第一式}$$

$$V - V' = (\text{蒸發量}) = V \left(1 - \frac{Cl}{Cl'}\right) \dots\dots\dots \text{第二式}$$

如  $Cl/Cl'$  為已知數，即可代入上式，算出滷水量及蒸發量。

根據上述理論，先經實驗測定數種比重（濃度）滷水中之  $Cl/Cl'$  數值，然後再按統計學法則，由實驗所得之  $Cl/Cl'$  數值，衍出理論上計算  $Cl/Cl'$  數值之公式，有此公式，則可求出任何比重滷水之  $Cl/Cl'$  數值，故如知滷水之比重，其滷水量及蒸發量皆可立時算出。

## （二）濃縮海水之實驗

### （1）試樣

取日本廣島縣尾道市港外木原沖之海水為原料，將其濃縮至數種濃度，分別測定其氯含量。原料海水之比重為 1.0245（15°C）氯含量為 1.860g/100c.c.。

### （2）氯含量測定法

按莫爾（Mohr）氏法，用 n/100 硝酸銀液（ $AgNO_3$ ）滴定，其結果如下表：

第 一 表

Sp.gr. 15°C	Baume 比重	Cl(g/100c.c.)	Cl/Cl'
1.0281	3.94	2.146	0.8667
1.0352	4.91	2.719	0.6841
1.0421	5.83	3.288	0.5657
1.0613	8.33	4.900	0.3796
1.0785	10.50	6.256	0.2973
1.1070	13.95	8.822	0.2108
1.1224	15.74	9.958	0.1868
1.1461	18.39	11.843	0.1571
1.1791	21.92	15.255	0.1219

表列之波美 (Baume) 比重，可依下列公式自普通比重算出

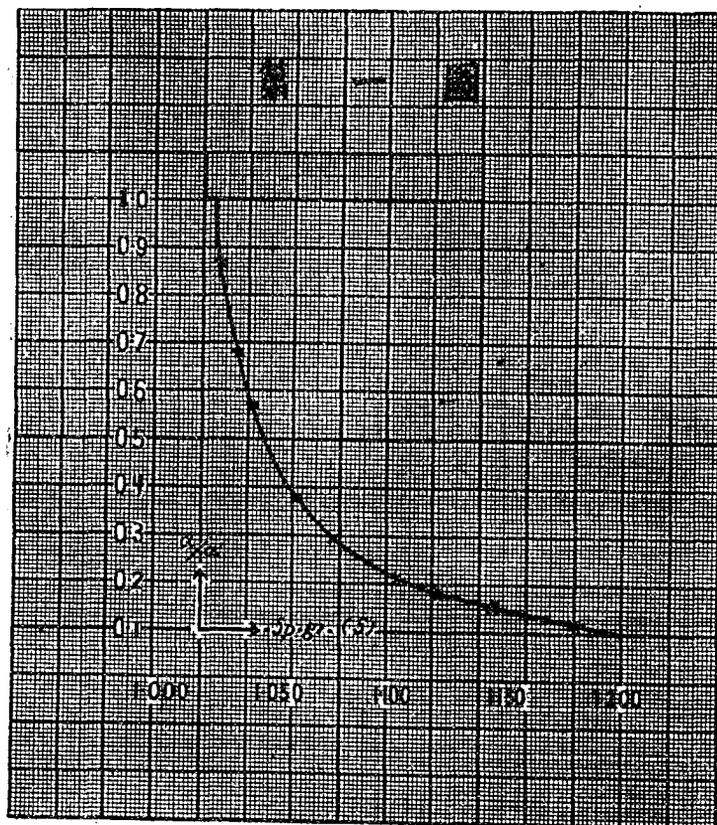
$$d = \frac{144.3}{144.3 - n}$$

d 爲15°C時之普通比重 (15°C/4°C)

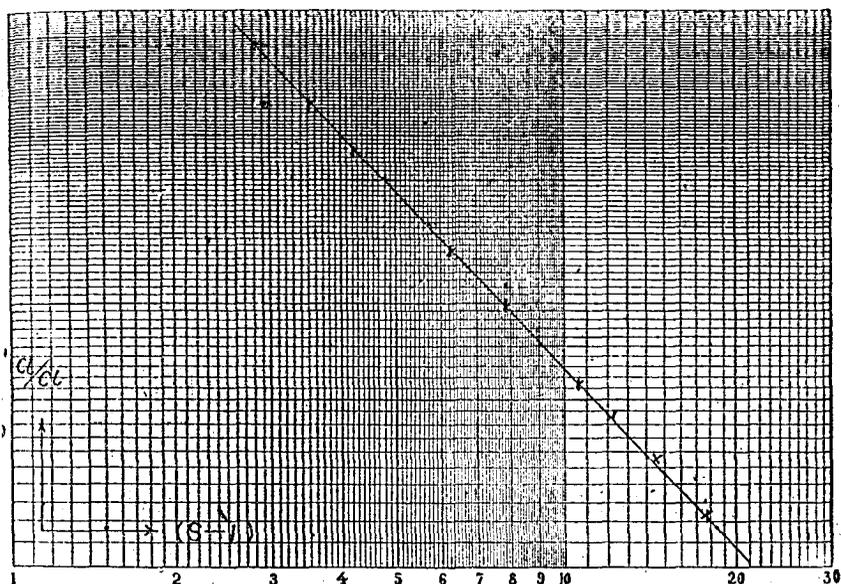
n 爲波美比重

(3) 計算公式之衍成

將第一表之結果，用普通方格紙圖示時 (第一圖)，比重及  $Cl/Cl'$  間之關係呈曲綫形，若將比重減「1」 ( $S-1$ ) 與  $Cl/Cl'$  間之關係，用對數圖表圖示時，則大體成直綫形。由此可知兩者間之關係，恰符統計學上  $y=ax^b$  之法則。



## 第 二 圖



用平均法求得  $a$  及  $b$  之數值，則理論上  $C/C'$  之計算公式應如下式：

$$C/C' = 0.020725 (S-1)^{-1.04389}$$

$S$  為比重 ( $15^{\circ}\text{C}/4^{\circ}\text{C}$ )

茲將按照上項公式算出之  $C/C'$  數值 ( $C$ )，與實驗所得數值 ( $O$ )，列表比較如下：

第 二 表

S(15°C/4°C)	Cl/Cl'(O)	Cl/Cl'(C)	$\Delta$ Cl/Cl'
1.0281	0.8667	0.8627	+0.0040
1.0352	0.6841	0.6820	+0.0021
1.0421	0.5657	0.5657	0
1.0613	0.3795	0.3821	-0.0025
1.0785	0.2973	0.2952	+0.0021
1.1070	0.2108	0.2124	-0.0016
1.1224	0.1868	0.1866	+0.0002
1.1461	0.1571	0.1562	+0.0009
1.1791	0.1219	0.1273	-0.0054

$$\frac{\sum \Delta \text{Cl/Cl}'}{9} = 0.00209$$

由上表可知計算值與實測值極為接近，其平均誤差 (Mean Deviation) 僅為  $\pm 0.00209$ 。換言之，如用前述第一式計算滷水量時，原海水量如為 1,000 c.c. 則算出之滷水量，與實際所得滷水量之差誤，絕不超過 2c.c. 以上，故著者認為此公式確有實用之價值。

如測定比重時之溫度，非 15°C 時，應按著者研究之方法，(第35號研究報告，鈴木寬著，關於海水及滷水比重之研究) 先換算後，再行計算。

要之，先得滷水 15°C 時之比重，然後用上述公式算出 Cl/Cl'，即可得知海水或滷水之蒸發量等。

### (三) 滷水之比重及濃縮度

應用上述公式，就各種比重之滷水算出 Cl/Cl' 及  $1 - \text{Cl/Cl}'$  之數值，列表於下：

第 三 表

比 重 S	波美表度 Be	濃 縮 率 Cl/Cl'	蒸 發 率 1-Cl/Cl'
1.0245	3.45	0.9955	0.0045
1.0250	3.52	0.9748	0.0252
1.0260	3.66	0.9356	0.0644
1.0270	3.79	0.8993	0.1007
1.0280	3.93	0.8660	0.1340
1.0290	4.07	0.8349	0.1651
1.0300	4.20	0.8058	0.1942
1.0310	4.34	0.7786	0.2214
1.0320	4.47	0.7532	0.2468
1.0330	4.61	0.7295	0.2705
1.0340	4.74	0.7072	0.2928
1.0350	4.88	0.6860	0.3140
1.0360	5.01	0.6662	0.3338
1.0370	5.15	0.6473	0.3527
1.0380	5.28	0.6296	0.3704
1.0390	5.42	0.6127	0.3873
1.0400	5.55	0.5968	0.4032
1.0410	5.68	0.5816	0.4184
1.0420	5.82	0.5672	0.4328
1.0430	5.95	0.5534	0.4466
1.0440	6.08	0.5403	0.4597
1.0450	9.21	0.5278	0.4722
1.0460	6.35	0.5158	0.4842
1.0470	6.48	0.5043	0.4957
1.0480	6.61	0.4934	0.5066
1.0490	6.74	0.4829	0.5171

轉下頁

比重 S	波美表度 Be	濃縮率 Cl/Cl'	蒸發率 1-Cl/Cl'
1.0500	6.87	0.4727	0.5273
1.0510	7.00	0.4631	0.5369
1.0520	7.13	0.4539	0.5461
1.0530	7.26	0.4448	0.5552
1.0540	7.39	0.4362	0.5638
1.0550	7.52	0.4280	0.5720
1.0560	7.65	0.4200	0.5800
1.0570	7.78	0.4123	0.5877
1.0580	7.91	0.4050	0.5950
1.0590	8.04	0.3977	0.6023
1.0600	8.17	0.3908	0.6092
1.0610	8.30	0.3842	0.6158
1.0620	8.42	0.3777	0.6223
1.0630	8.55	0.3715	0.6285
1.0640	8.68	0.3653	0.6347
1.0650	8.81	0.3595	0.6405
1.0660	8.93	0.3539	0.6461
1.0670	9.06	0.3483	0.6517
1.0680	9.19	0.3430	0.6570
1.0690	9.31	0.3378	0.6622
1.0700	9.44	0.3327	0.6673
1.0710	9.57	0.3279	0.6721
1.0720	9.69	0.3232	0.6768
1.0730	9.82	0.3185	0.6815
1.0740	9.94	0.3140	0.6860
1.0750	10.07	0.3096	0.6904
1.0760	10.19	0.3054	0.6946
1.0770	10.32	0.3012	0.6988

轉下頁

比 重 S	波美表度 Be	濃 縮 率 Cl/Cl'	蒸 發 率 1-Cl/Cl'
1.0780	10.44	0.2972	0.7028
1.0790	10.57	0.2933	0.7067
1.0800	10.69	0.2894	0.7106
1.0810	10.81	0.2857	0.7143
1.0820	10.94	0.2821	0.7179
1.0830	11.06	0.2785	0.7215
1.0840	11.18	0.2750	0.7250
1.0850	11.30	0.2717	0.7283
1.0860	11.43	0.2684	0.7316
1.0870	11.55	0.2651	0.7349
1.0880	11.67	0.2620	0.7380
1.0890	11.79	0.2589	0.7411
1.0900	11.91	0.2560	0.7440
1.0910	12.04	0.2530	0.7470
1.0920	12.16	0.2501	0.7499
1.0930	12.28	0.2471	0.7529
1.0940	12.40	0.2446	0.7554
1.0950	12.52	0.2419	0.7581
1.0960	12.64	0.2393	0.7607
1.0970	12.76	0.2367	0.7633
1.0980	12.88	0.2342	0.7658
1.0990	13.00	0.2317	0.7683
1.1000	13.12	0.2293	0.7707
1.1010	13.24	0.2269	0.7731
1.1020	13.36	0.2246	0.7754
1.1030	13.47	0.2223	0.7777
1.1040	13.59	0.2201	0.7799
1.1050	13.71	0.2179	0.7821

比 重 S	波美表度 Be	濃縮率 Cl/Cl'	蒸發率 1-Cl/Cl'
1.1060	13.83	0.2157	0.7848
1.1070	13.95	0.2187	0.7863
1.1080	14.07	0.2116	0.7884
1.1090	14.18	0.2096	0.7904
1.1100	14.30	0.2076	0.7924
1.1110	14.42	0.2057	0.7943
1.1120	14.53	0.2038	0.7962
1.1130	14.65	0.2019	0.7981
1.1140	14.77	0.2000	0.8000
1.1150	14.88	0.1982	0.8018
1.1160	15.00	0.1964	0.8036
1.1170	15.11	0.1947	0.8053
1.1180	15.23	0.1929	0.8071
1.1190	15.35	0.1913	0.8087
1.1200	15.46	0.1897	0.8103
1.1210	15.58	0.1880	0.8120
1.1220	15.69	0.1863	0.8137
1.1230	15.80	0.1847	0.8153
1.1240	15.92	0.1832	0.8168
1.1250	16.03	0.1817	0.8183
1.1260	16.15	0.1800	0.8200
1.1270	16.26	0.1787	0.8213
1.1280	16.37	0.1772	0.8228
1.1290	16.49	0.1758	0.8242
1.1300	16.60	0.1744	0.8256
1.1310	16.71	0.1730	0.8270
1.1320	16.83	0.1716	0.8284
1.1330	16.94	0.1703	0.8297

比重 S	波美表度 Be	濃縮率 Cl/Cl'	蒸發率 1-Cl/Cl'
1.1340	17.05	0.1690	0.8310
1.1350	17.16	0.1676	0.8324
1.1360	17.28	0.1646	0.8336
1.1370	17.39	0.1651	0.8349
1.1380	17.50	0.1638	0.8362
1.1390	17.61	0.1626	0.8374
1.1400	17.72	0.1614	0.8386
1.1410	17.83	0.1602	0.8398
1.1420	17.94	0.1590	0.8410
1.1430	18.05	0.1579	0.8421
1.1440	18.16	0.1567	0.8433
1.1450	18.27	0.1556	0.8444
1.1460	18.38	0.1545	0.8455
1.1470	18.49	0.1534	0.8466
1.1480	18.60	0.1523	0.8477
1.1490	18.71	0.1512	0.8488
1.1500	18.82	0.1502	0.8498
1.1510	18.93	0.1491	0.8509
1.1520	19.04	0.1481	0.8519
1.1530	19.15	0.1471	0.8529
1.1540	19.26	0.1461	0.8539
1.1550	19.36	0.1451	0.8549
1.1560	19.47	0.1442	0.8558
1.1570	19.58	0.1432	0.8568
1.1580	19.69	0.1423	0.8577
1.1590	19.80	0.1413	0.8587
1.1600	19.90	0.1404	0.8596
1.1610	20.01	0.1395	0.8605

比重 S	波美表度 Be	濃縮率 Cl/Cl'	蒸發率 1—Cl/Cl'
1.1620	20.12	0.1386	0.8614
1.1630	20.22	0.1377	0.8623
1.1640	20.33	0.1368	0.8632
1.1650	20.44	0.1359	0.8641
1.1660	20.54	0.1351	0.8649
1.1670	20.65	0.1343	0.8657
1.1680	20.76	0.1334	0.8666
1.1690	20.86	0.1326	0.8674
1.1700	20.97	0.1318	0.8682
1.1710	21.07	0.1310	0.8690
1.1720	21.18	0.1302	0.8698
1.1730	21.28	0.1294	0.8706
1.1740	21.39	0.1286	0.8714
1.1750	21.49	0.1279	0.8721
1.1760	21.60	0.1271	0.8729
1.1770	21.70	0.1263	0.8737
1.1780	21.80	0.1256	0.8744
1.1790	21.91	0.1249	0.8751
1.1800	22.01	0.1241	0.8759
1.1810	22.12	0.1234	0.8766
1.1820	22.22	0.1227	0.8773
1.1830	22.32	0.1220	0.8780
1.1840	22.43	0.1213	0.8787
1.1850	22.53	0.1207	0.8793
1.1860	22.63	0.1200	0.8800
1.1870	22.73	0.1193	0.8807
1.1880	22.84	0.1187	0.8813
1.1890	22.94	0.1180	0.8820

比 重 S	波美表度 Be	濃縮率 Cl/Cl'	蒸發率 1--Cl/Cl'
1.1900	23.04	0.1173	0.8827
1.1910	23.14	0.1167	0.8833
1.1920	23.24	0.1161	0.8839
1.1930	23.34	0.1154	0.8846
1.1940	23.45	0.1148	0.8852
1.1950	23.55	0.1142	0.8858
1.1960	23.65	0.1136	0.8864
1.1970	23.75	0.1130	0.8870
1.1980	23.85	0.1124	0.8876
1.1990	23.95	0.1118	0.8882
1.2000	24.05	0.1112	0.8888
1.2010	24.15	0.1106	0.8894
1.2020	24.25	0.1101	0.8899
1.2030	24.35	0.1095	0.8905
1.2040	24.45	0.1090	0.8910
1.2050	24.55	0.1084	0.8916
1.2060	24.65	0.1078	0.8922
1.2070	24.75	0.1073	0.8927
1.2080	24.85	0.1067	0.8933
1.2090	24.95	0.1062	0.8938
1.2100	25.04	0.1057	0.8943
1.2110	25.14	0.1052	0.8948
1.2120	25.24	0.1047	0.8953
1.2130	25.34	0.1041	0.8959
1.2140	25.44	0.1037	0.8963
1.2150	25.53	0.1031	0.8969
1.2160	25.63	0.1026	0.8974
1.2170	25.73	0.1021	0.8979

比 重 S	波美表度 Be	濃 縮 率 Cl/Cl'	蒸 發 率 1-Cl/Cl'
1.2180	25.83	0.1016	0.8984
1.2190	25.92	0.1012	0.8988
1.2200	26.02	0.1007	0.8993
1.2210	26.12	0.1002	0.8998
1.2220	26.21	0.0997	0.9003
1.2230	26.31	0.0993	0.9007
1.2240	26.41	0.0988	0.9012
1.2250	26.50	0.0983	0.9017
1.2260	26.60	0.0979	0.9021
1.2270	26.70	0.0975	0.9025
1.2280	26.79	0.0970	0.9030
1.2290	26.89	0.0966	0.9034

根據第三表，算出各種比重滷水，於蒸發濃縮時之濃縮率 (Cl/Cl')，列表於下：

第 四 表 (濃縮率  $Cl/Cl'$ )

原 滷 水 濃 縮 滷 水 比 重	1.0245 (3.45)	1.0250 (3.52)	1.0260 (3.66)	1.0270 (3.79)	1.0280 (3.93)	1.0290 (4.07)	1.0300 (42.0)	1.0310 (4.34)
1.0300(4.20)	0.8058	0.8266	0.8613	0.8960	0.9305	0.9650	1.0000	.....
1.0320(4.47)	0.7532	0.7277	0.8050	0.8375	0.8697	0.9021	0.9347	0.9674
1.0340(4.74)	0.7072	0.7255	0.7559	0.7864	0.8166	0.8470	0.8776	0.9083
1.0360(5.01)	0.6662	0.6834	0.7121	0.7408	0.7693	0.7979	0.8268	0.8556
1.0380(5.28)	0.6296	0.6459	0.6729	0.7001	0.7270	0.7541	0.7813	0.8086
1.0400(5.55)	0.5968	0.6122	0.6379	0.6636	0.6891	0.7148	0.7406	0.7665
1.0450(6.21)	0.5278	0.5414	0.5641	0.5869	0.6095	0.6322	0.6550	0.6779
1.0500(6.87)	0.4727	0.4849	0.5005	0.5256	0.5458	0.5662	0.5866	0.6071
1.0550(7.52)	0.4280	0.4391	0.4575	0.4759	0.4942	0.5126	0.5311	0.5497
1.0600(8.17)	0.3908	0.4009	0.4177	0.4346	0.4513	0.4681	0.4850	0.5019
1.0650(8.81)	0.3595	0.3688	0.3842	0.3998	0.4151	0.4306	0.4461	0.4617
1.0700(9.44)	0.3327	0.3413	0.3556	0.3700	0.3842	0.3985	0.4129	0.4273
1.0750(10.07)	0.3096	0.3176	0.3309	0.3443	0.3576	0.3708	0.3842	0.3976
1.0800(10.69)	0.2894	0.2969	0.3093	0.3218	0.3342	0.3466	0.3591	0.3717
1.0900(11.91)	0.2560	0.2626	0.2736	0.2847	0.2956	0.3066	0.3177	0.3288
1.1000(13.12)	0.2293	0.2352	0.2451	0.2550	0.2648	0.2746	0.2846	0.2945
1.1100(14.30)	0.2076	0.2130	0.2219	0.2308	0.2397	0.2487	0.2576	0.2666
1.1200(15.46)	0.1897	0.1946	0.2028	0.2109	0.2191	0.2272	0.2354	0.2436
1.1300(16.60)	0.1744	0.1789	0.1864	0.1939	0.2014	0.2089	0.2164	0.2240
1.1400(17.72)	0.1614	0.1656	0.1755	0.1795	0.1864	0.1933	0.2003	0.2073
1.1500(18.82)	0.1502	0.1541	0.1605	0.1670	0.1734	0.1799	0.1864	0.1929
1.1600(19.90)	0.1404	0.1440	0.1501	0.1571	0.1621	0.1682	0.1742	0.1803
1.1700(20.97)	0.1318	0.1352	0.1409	0.1466	0.1522	0.1579	0.1636	0.1693
1.1800(22.01)	0.1241	0.1273	0.1326	0.1380	0.1433	0.1486	0.1540	0.1594
1.1900(23.04)	0.1173	0.1203	0.1254	0.1304	0.1355	0.1405	0.1456	0.1507
1.2000(24.05)	0.1112	0.1141	0.1189	0.1237	0.1284	0.1332	0.1380	0.1428
1.2100(25.04)	0.1057	0.1084	0.1130	0.1175	0.1221	0.1266	0.1312	0.1358
1.2200(26.02)	0.1007	0.1033	0.1076	0.1120	0.1163	0.1206	0.1250	0.1293

( ) 內 爲 波 美 比 重

原鹼水 濃縮 鹼水比重	1.0320 (4.47)	1.0330 (4.61)	1.0340 (4.74)	1.0350 (4.88)	1.0360 (5.01)	1.0270 (5.15)	1.0380 (5.28)	1.0390 (5.42)
1.0300(4.20)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1.0320(4.47)	1.0000	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1.0340(4.74)	0.9389	0.9694	1.0000	.....	.....	.....	.....	.....
1.0360(5.01)	0.8845	0.9132	0.9420	0.9711	1.0000	.....	.....	.....
1.0380(5.28)	0.8359	0.8631	0.8903	0.9178	0.9451	0.9727	1.0000	.....
1.0400(5.55)	0.7924	0.8181	0.8439	0.8700	0.8958	0.9220	0.9479	0.9740
1.0450(6.21)	0.7007	0.7235	0.7463	0.7624	0.7923	0.8152	0.8383	0.8614
1.0500(6.87)	0.6276	0.6480	0.6684	0.6891	0.7095	0.7305	0.7508	0.7715
1.0550(7.52)	0.5682	0.5867	0.6052	0.6239	0.6424	0.6612	0.6792	0.6985
1.0600(8.17)	0.5189	0.5357	0.5526	0.5697	0.5866	0.6037	0.6207	0.6372
1.0650(8.81)	0.4773	0.4928	0.5083	0.5241	0.5396	0.5554	0.5710	0.5867
1.0700(9.44)	0.4417	0.4561	0.4704	0.4850	0.4994	0.5140	0.5234	0.5430
1.0750(10.07)	0.4110	0.4244	0.4378	0.4513	0.4647	0.4783	0.4917	0.5053
1.0800(10.69)	0.3842	0.3967	0.4092	0.4219	0.4344	0.4471	0.4597	0.4723
1.0900(11.91)	0.3399	0.3509	0.3620	0.3732	0.3843	0.3955	0.4066	0.4178
1.1000(13.12)	0.3044	0.3143	0.3242	0.3343	0.3442	0.3542	0.3642	0.3742
1.1100(14.30)	0.2756	0.2846	0.2936	0.3026	0.3116	0.3207	0.3297	0.3388
1.1200(15.46)	0.2519	0.2600	0.2682	0.2765	0.2847	0.2931	0.3013	0.3096
1.1300(16.60)	0.2315	0.2391	0.2466	0.2542	0.2618	0.2694	0.2770	0.2846
1.1400(17.72)	0.2143	0.2212	0.2282	0.2353	0.2423	0.2493	0.2564	0.2634
1.1500(18.82)	0.1994	0.2055	0.2124	0.2190	0.2255	0.2320	0.2386	0.2451
1.1600(19.90)	0.1864	0.1925	0.1985	0.2047	0.2107	0.2165	0.2230	0.2231
1.1700(20.97)	0.1750	0.1807	0.1864	0.1921	0.1978	0.2036	0.2093	0.2151
1.1800(22.01)	0.1648	0.1701	0.1755	0.1809	0.1863	0.1917	0.1971	0.2025
1.1900(23.04)	0.1557	0.1608	0.1659	0.1710	0.1761	0.1812	0.1863	0.1914
1.2000(24.05)	0.1476	0.1524	0.1572	0.1621	0.1669	0.1718	0.1766	0.1815
1.2100(25.04)	0.1403	0.1449	0.1495	0.1541	0.1587	0.1633	0.1679	0.1725
1.2200(26.02)	0.1337	0.1380	0.1424	0.1468	0.1512	0.1556	0.1599	0.1644

原滷水 濃縮 滷水比重	1.0400	1.0410	1.0420	1.0430	1.0440	1.0450	1.0460	1.0470
	(5.55)	(5.68)	(5.82)	(5.95)	(6.08)	(6.21)	(6.35)	(6.48)
1.0300(4.20)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1.0320(4.47)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1.0340(4.74)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1.0360(5.01)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1.0380(5.28)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1.0400(5.55)	1.0000	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1.0450(6.21)	0.8844	0.9075	0.9305	0.9537	0.9769	0.1000	.....	.....
1.0500(6.87)	0.7921	0.8128	0.8334	0.8542	0.8749	0.8956	0.9164	0.9373
1.0550(7.52)	0.7172	0.7359	0.7546	0.7734	0.7922	0.8109	0.8298	0.8487
1.0600(8.17)	0.6548	0.6719	0.6890	0.7062	0.7233	0.7404	0.7577	0.7749
1.0650(8.81)	0.6024	0.6181	0.6338	0.6496	0.6654	0.6811	0.6970	0.7129
1.0700(9.44)	0.5575	0.5720	0.5866	0.6012	0.6158	0.6304	0.6450	0.6597
1.0750(10.07)	0.5188	0.5323	0.5458	0.5595	0.5730	0.5866	0.6002	0.6139
1.0800(10.69)	0.4849	0.4976	0.5102	0.5229	0.5356	0.5483	0.5611	0.5739
1.0900(11.91)	0.4290	0.4402	0.4513	0.4626	0.4738	0.4850	0.4963	0.5076
1.1000(13.12)	0.3842	0.3943	0.4043	0.4143	0.4244	0.4344	0.4446	0.4547
1.1100(14.30)	0.3479	0.3569	0.3660	0.3751	0.3842	0.3933	0.4025	0.4117
1.1200(15.46)	0.3179	0.3262	0.3344	0.3428	0.3511	0.3594	0.3678	0.3762
1.1300(16.60)	0.2922	0.2999	0.3075	0.3151	0.3228	0.3304	0.3381	0.3458
1.1400(17.72)	0.2704	0.2775	0.2846	0.2917	0.2987	0.3058	0.3129	0.3200
1.1500(18.82)	0.2517	0.2583	0.2648	0.2714	0.2780	0.2846	0.2912	0.2978
1.1600(19.90)	0.2353	0.2414	0.2475	0.2537	0.2599	0.2660	0.2722	0.2784
1.1700(20.97)	0.2208	0.2266	0.2324	0.2382	0.2439	0.2497	0.2555	0.2614
1.1800(22.01)	0.2079	0.2134	0.2188	0.2243	0.2297	0.2351	0.2406	0.2461
1.1900(23.04)	0.1965	0.2017	0.2068	0.2120	0.2171	0.2222	0.2274	0.2326
1.2000(24.05)	0.1863	0.1912	0.1961	0.2009	0.2058	0.2107	0.2156	0.2205
1.2100(25.04)	0.1771	0.1817	0.1864	0.1910	0.1956	0.2003	0.2049	0.2096
1.2200(26.02)	0.1687	0.1731	0.1775	0.1820	0.1864	0.1908	0.1952	0.1997

原 滷 水 濃 縮 滷 水 比 重	1.0480 (6.61)	1.0490 (6.74)	1.0500 (6.87)	1.0510 (7.00)	1.0520 (7.13)	1.0530 (7.26)	1.0540 (7.39)	1.0550 (7.52)
1.0300(4.20)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1.0320(4.47)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1.0340(4.74)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1.0360(5.01)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1.0380(5.28)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1.0400(5.55)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1.0450(6.21)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1.0500(6.87)	0.9580	0.9789	1.0000	.....	.....	.....	.....	.....
1.0550(7.52)	0.8675	0.8863	0.9054	0.9242	0.9429	0.9622	0.9812	1.0000
1.0600(8.17)	0.7921	0.8093	0.8267	0.8439	0.8610	0.8786	0.8959	0.9131
1.0650(8.81)	0.7286	0.7445	0.7605	0.7763	0.7920	0.8082	0.8242	0.8400
1.0700(9.44)	0.6743	0.6890	0.7038	0.7184	0.7330	0.7480	0.7627	0.7773
1.0750(10.07)	0.6275	0.6411	0.6550	0.6685	0.6821	0.6960	0.7098	0.7234
1.0800(10.69)	0.5865	0.5993	0.6122	0.6249	0.6376	0.6506	0.6635	0.6762
1.0900(11.91)	0.5188	0.5301	0.5416	0.5528	0.5640	0.5755	0.5869	0.5981
1.1000(13.12)	0.4647	0.4748	0.4851	0.4951	0.5052	0.5155	0.5257	0.5357
1.1100(14.30)	0.4208	0.4299	0.4392	0.4483	0.4574	0.4667	0.4759	0.4850
1.1200(15.46)	0.3845	0.3928	0.4013	0.4096	0.4179	0.4265	0.4349	0.4432
1.1300(16.60)	0.3535	0.3612	0.3689	0.3766	0.3842	0.3921	0.3998	0.4075
1.1400(17.72)	0.3271	0.3342	0.3414	0.3485	0.3556	0.3629	0.3700	0.3771
1.1500(18.82)	0.3044	0.3110	0.3177	0.3243	0.3309	0.3377	0.3443	0.3509
1.1600(19.90)	0.2846	0.2907	0.2970	0.3032	0.3093	0.3156	0.3219	0.3280
1.1700(20.97)	0.2671	0.2729	0.2788	0.2846	0.2904	0.2963	0.3022	0.3079
1.1800(22.01)	0.2515	0.2570	0.2625	0.2680	0.2734	0.2790	0.2845	0.2900
1.1900(23.04)	0.2377	0.2429	0.2481	0.2533	0.2584	0.2637	0.2689	0.2741
1.2000(24.05)	0.2254	0.2303	0.2352	0.2401	0.2450	0.2500	0.2549	0.2598
1.2100(25.04)	0.2142	0.2189	0.2236	0.2282	0.2329	0.2376	0.2423	0.2470
1.2200(26.02)	0.2041	0.2085	0.2130	0.2174	0.2219	0.2264	0.2309	0.2353

原 滷 水 濃 縮 滷 水 比 重	1.0560 (7.65)	1.0570 (7.78)	1.0580 (7.91)	1.0590 (8.04)	1.0600 (8.17)	1.0610 (8.30)	1.0620 (8.42)	1.0630 (8.55)
1.0300(4.20)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1.0320(4.47)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1.0340(4.74)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1.0360(5.01)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1.0380(5.28)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1.0400(5.55)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1.0450(6.21)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1.0500(6.87)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1.0550(7.52)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1.0600(8.17)	0.9305	0.9479	0.9649	0.9827	1.0000	.....	.....	.....
1.0650(8.81)	0.8560	0.8719	0.8877	0.9039	0.9199	0.9357	0.9518	0.9677
1.0700(9.44)	0.7921	0.8069	0.8215	0.8366	0.8513	0.8660	0.8809	0.8956
1.0750(10.07)	0.7371	0.7509	0.7644	0.7785	0.7922	0.8058	0.8197	0.8334
1.0800(10.69)	0.6890	0.7019	0.7146	0.7277	0.7405	0.7533	0.7662	0.7790
1.0900(11.91)	0.6095	0.6209	0.6321	0.6437	0.6551	0.6663	0.6778	0.6891
1.1000(13.12)	0.5460	0.5561	0.5662	0.5766	0.5867	0.5968	0.6071	0.6172
1.1100(14.30)	0.4943	0.5035	0.5126	0.5220	0.5312	0.5403	0.5496	0.5588
1.1200(15.46)	0.4517	0.4601	0.4684	0.4770	0.4854	0.4938	0.5023	0.5106
1.1300(16.60)	0.4152	0.4230	0.4306	0.4385	0.4463	0.4539	0.4617	0.4694
1.1400(17.72)	0.3843	0.3915	0.3985	0.4058	0.4130	0.4201	0.4273	0.4345
1.1500(18.82)	0.3576	0.3643	0.3709	0.3777	0.3843	0.3909	0.3977	0.4043
1.1600(19.90)	0.3343	0.3405	0.3467	0.3530	0.3593	0.3654	0.3717	0.3779
1.1700(20.97)	0.3138	0.3197	0.3254	0.3314	0.3373	0.3431	0.3490	0.3548
1.1800(22.01)	0.2955	0.3010	0.3064	0.3120	0.3176	0.3230	0.3286	0.3341
1.1900(23.04)	0.2793	0.2845	0.2896	0.2949	0.3002	0.3053	0.3106	0.3157
1.2000(24.05)	0.2648	0.2697	0.2746	0.2796	0.2845	0.2894	0.2944	0.2993
1.2100(25.04)	0.2517	0.2564	0.2610	0.2658	0.2705	0.2751	0.2799	0.2845
1.2200(26.02)	0.2398	0.2442	0.2486	0.2532	0.2577	0.2621	0.2666	0.2711

原 滷 水 濃 縮 滷 水 比 重	1.0640 (8.68)	1.0650 (8.81)	1.0660 (8.93)	1.0670 (9.06)	1.0680 (9.19)	1.0690 (9.31)	1.0700 (9.44)	1.0710 (9.57)
1.0300(4.20)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1.0320(4.47)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1.0340(4.74)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1.0360(5.01)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1.0380(5.28)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1.0400(5.55)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1.0450(6.21)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1.0500(6.87)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1.0550(7.52)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1.0600(8.17)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1.0650(8.81)	0.9841	1.0000	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1.0700(9.44)	0.9108	0.9255	0.9401	0.9552	0.9700	0.9849	1.0000	.....
1.0750(10.07)	0.8475	0.8612	0.8748	0.8889	0.9026	0.9165	0.9306	0.9442
1.0800(10.69)	0.7922	0.8050	0.8177	0.8309	0.8437	0.8567	0.8699	0.8826
1.0900(11.91)	0.7008	0.7121	0.7234	0.7350	0.7464	0.7578	0.7695	0.7807
1.1000(13.12)	0.6277	0.6378	0.6479	0.6583	0.6685	0.6788	0.6892	0.6993
1.1100(14.30)	0.5682	0.5775	0.5866	0.5960	0.6052	0.6146	0.6240	0.6331
1.1200(15.46)	0.5193	0.5277	0.5360	0.5446	0.5531	0.5616	0.5702	0.5785
1.1300(16.60)	0.4774	0.4851	0.4928	0.5007	0.5085	0.5163	0.5242	0.5319
1.1400(17.72)	0.4418	0.4490	0.4561	0.4634	0.4706	0.4778	0.4851	0.4922
1.1500(18.82)	0.4112	0.4178	0.4244	0.4312	0.4379	0.4446	0.4515	0.4581
1.1600(19.90)	0.3843	0.3905	0.3967	0.4031	0.4093	0.4156	0.4220	0.4282
1.1700(20.97)	0.3608	0.3666	0.3724	0.3784	0.3843	0.3902	0.3962	0.4020
1.1800(22.01)	0.3397	0.3452	0.3507	0.3563	0.3618	0.3674	0.3730	0.3785
1.1900(23.04)	0.3211	0.3263	0.3314	0.3368	0.3420	0.3472	0.3526	0.3577
1.2000(24.05)	0.3044	0.3093	0.3142	0.3193	0.3242	0.3292	0.3342	0.3391
1.2100(25.04)	0.2894	0.2940	0.2987	0.3035	0.3082	0.3129	0.3177	0.3224
1.2200(26.02)	0.2757	0.2801	0.2845	0.2891	0.2936	0.2981	0.3027	0.3071

原 滷 水 濃 縮 比 重 滷 水 比 重	1.0720 (9.69)	1.0730 (9.82)	1.0740 (9.94)	1.0750 (10.07)	1.0760 (10.19)	1.0770 (10.32)	1.0780 (10.44)	1.0790 (10.57)
1.0750(10.07)	0.9579	0.9721	0.9860	1.0000	.....	.....	.....	.....
1.0800(10.69)	0.8954	0.9086	0.9217	0.9348	0.9476	0.9608	0.9738	0.9867
1.0900(11.91)	0.7921	0.8038	0.8153	0.8269	0.8382	0.8499	0.8614	0.8728
1.1000(13.12)	0.7095	0.7199	0.7303	0.7406	0.7508	0.7613	0.7715	0.7818
1.1100(14.30)	0.6423	0.6518	0.6611	0.6705	0.6798	0.6892	0.6985	0.7078
1.1200(15.46)	0.5869	0.5956	0.6041	0.6127	0.6212	0.6298	0.6383	0.6468
1.1300(16.60)	0.5396	0.5476	0.5554	0.5633	0.5711	0.5790	0.5868	0.5946
1.1400(17.72)	0.4964	0.5068	0.5140	0.5213	0.5285	0.5359	0.5431	0.5503
1.1500(18.82)	0.4647	0.4716	0.4783	0.4851	0.4918	0.4987	0.5054	0.5121
1.1600(19.90)	0.4344	0.4408	0.4471	0.4535	0.4597	0.4661	0.4724	0.4787
1.1700(20.97)	0.4078	0.4138	0.4197	0.4257	0.4316	0.4376	0.4435	0.4494
1.1800(22.01)	0.3840	0.3896	0.3952	0.4008	0.4064	0.4120	0.4176	0.4231
1.1900(23.04)	0.3629	0.3683	0.3736	0.3789	0.3841	0.3894	0.3947	0.3999
1.2000(24.05)	0.3441	0.3491	0.3541	0.3592	0.3641	0.3692	0.3742	0.3791
1.2100(25.04)	0.3270	0.3319	0.3366	0.3414	0.3461	0.3509	0.3557	0.3604
1.2200(26.02)	0.3116	0.3162	0.3207	0.3253	0.3297	0.3343	0.3388	0.3433

原 滷 水 濃 縮 滷 水 比 重	1.0800 (10.69)	1.0810 (10.81)	1.0820 (10.94)	1.0830 (11.06)	1.0840 (11.18)	1.0850 (11.30)	1.0860 (11.43)	1.0870 (11.55)
1.0800(10.69)	1.0000	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1.0900(11.91)	0.8846	0.8960	0.9075	0.9192	0.9309	0.9422	0.9538	0.9657
1.1000(13.12)	0.7923	0.8026	0.8128	0.8233	0.8338	0.8439	0.8543	0.8650
1.1100(14.30)	0.7173	0.7266	0.7359	0.7454	0.7549	0.7641	0.7735	0.7831
1.1200(15.46)	0.6555	0.6640	0.6725	0.6811	0.6898	0.6982	0.7068	0.7156
1.1300(16.60)	0.6026	0.6104	0.6182	0.6262	0.6342	0.6419	0.6498	0.6579
1.1400(17.72)	0.5577	0.5649	0.5721	0.5795	0.5869	0.5940	0.6013	0.6088
1.1500(18.82)	0.5190	0.5257	0.5324	0.5393	0.5462	0.5528	0.5596	0.5666
1.1600(19.90)	0.4851	0.4914	0.4977	0.5041	0.5105	0.5167	0.5231	0.5296
1.1700(20.97)	0.4554	0.4613	0.4672	0.4732	0.4793	0.4851	0.4911	0.4972
1.1800(22.01)	0.4238	0.4344	0.4399	0.4456	0.4513	0.4568	0.4624	0.4681
1.1900(23.04)	0.4053	0.4106	0.4158	0.4212	0.4265	0.4317	0.4370	0.4425
1.2000(24.05)	0.3842	0.3892	0.3942	0.3993	0.4044	0.4093	0.4143	0.4195
1.2100(25.04)	0.3652	0.3700	0.3747	0.3795	0.3844	0.3890	0.3938	0.3987
1.2200(26.02)	0.3480	0.3525	0.3570	0.3616	0.3662	0.3706	0.3752	0.3799

原 滷 水 濃 縮 滷 水 比 重	1.0880 (11.67)	1.0890 (11.79)	1.0900 (11.91)	1.0910 (12.04)	1.0920 (12.16)	1.0930 (12.28)	1.0940 (12.40)	1.0950 (12.52)
1.0900(11.91)	0.9771	0.9888	1.0000	.....	.....	.....	.....	.....
1.1000(13.12)	0.8752	0.8857	0.8957	0.9063	0.9168	0.9280	0.9374	0.9479
1.1100(14.30)	0.7924	0.8019	0.8109	0.8206	0.8301	0.8401	0.8487	0.8582
1.1200(15.46)	0.7240	0.7327	0.7410	0.7498	0.7585	0.7677	0.7756	0.7842
1.1300(16.60)	0.6656	0.6736	0.6812	0.6893	0.6973	0.7058	0.7130	0.7210
1.1400(17.72)	0.6160	0.6234	0.6305	0.6379	0.6453	0.6532	0.6599	0.6672
1.1500(18.82)	0.5733	0.5801	0.5867	0.5937	0.6006	0.6079	0.6141	0.6209
1.1600(19.90)	0.5359	0.5423	0.5484	0.5549	0.5614	0.5682	0.5740	0.5804
1.1700(20.97)	0.5031	0.5091	0.5148	0.5209	0.5270	0.5334	0.5388	0.5449
1.1800(22.01)	0.4737	0.4793	0.4848	0.4905	0.4962	0.5022	0.5074	0.5130
1.1900(23.04)	0.4477	0.4531	0.4582	0.4636	0.4690	0.4747	0.4796	0.4849
1.2000(24.05)	0.4244	0.4295	0.4344	0.4395	0.4446	0.4500	0.4546	0.4597
1.2100(25.04)	0.4034	0.4083	0.4129	0.4178	0.4226	0.4278	0.4321	0.4370
1.2200(26.02)	0.3844	0.3889	0.3934	0.3980	0.4026	0.4075	0.4117	0.4163

原 滷 水 濃 縮 滷 水 比 重	1.0960 (12.64)	1.0970 (12.76)	1.0980 (12.88)	1.0990 (13.00)	1.1000 (13.12)	1.1010 (13.24)	1.1020 (13.36)	1.1030 (13.47)
1.1000(13.12)	0.9582	0.9687	0.9791	0.9896	1.0000	.....	.....	.....
1.1100(14.30)	0.9675	0.8771	0.8864	0.8960	0.9054	0.9149	0.9243	0.9339
1.1200(15.46)	0.7927	0.8014	0.8100	0.8187	0.8273	0.8361	0.8446	0.8534
1.1300(16.60)	0.7288	0.7368	0.7447	0.7527	0.7606	0.7686	0.7765	0.7845
1.1400(17.72)	0.6745	0.6819	0.6892	0.6966	0.7039	0.7113	0.7186	0.7260
1.1500(18.82)	0.6277	0.6346	0.6413	0.6483	0.6550	0.6620	0.6687	0.6757
1.1600(19.90)	0.5867	0.5932	0.5995	0.6060	0.6123	0.6188	0.6251	0.6316
1.1700(20.97)	0.5508	0.5568	0.5628	0.5688	0.5748	0.5809	0.5868	0.5929
1.1800(22.01)	0.5186	0.5243	0.5299	0.5356	0.5412	0.5469	0.5525	0.5583
1.1900(23.04)	0.4902	0.4956	0.5009	0.5063	0.5116	0.5170	0.5223	0.5277
1.2000(24.05)	0.4247	0.4698	0.4748	0.4799	0.4850	0.4901	0.4951	0.5002
1.2100(25.04)	0.4417	0.4466	0.4513	0.4562	0.4610	0.4658	0.4706	0.4755
1.2200(29.02)	0.4208	0.4254	0.4300	0.4346	0.4392	0.4438	0.4484	0.4530

原滷水 濃縮 滷水比重	1.1040 (13.59)	1.1050 (13.71)	1.1060 (13.83)	1.1070 (13.95)	1.1080 (14.07)	1.1090 (14.18)	1.1100 (14.30)	1.1110 (14.42)
1.1100(14.30)	0.9432	0.9527	0.9624	0.9715	0.9811	0.9905	1.0000	.....
1.1200(15.46)	0.8619	0.8706	0.8795	0.8877	0.8965	0.9051	0.9138	0.9222
1.1300(16.60)	0.7924	0.8004	0.8085	0.8161	0.8242	0.8321	0.8401	0.8478
1.1400(17.72)	0.7333	0.7407	0.7483	0.7553	0.7628	0.7700	0.7775	0.7846
1.1500(18.82)	0.6824	0.6893	0.6963	0.7029	0.7098	0.7166	0.7235	0.7302
1.1600(19.90)	0.6379	0.6443	0.6509	0.6570	0.6625	0.6698	0.6763	0.6825
1.1700(20.97)	0.5988	0.6049	0.6110	0.6168	0.6229	0.6288	0.6349	0.6407
1.1800(22.01)	0.5638	0.5695	0.5753	0.5807	0.5865	0.5921	0.5978	0.6033
1.1900(23.04)	0.5329	0.5383	0.5438	0.5489	0.5543	0.5596	0.5650	0.5702
1.2000(24.05)	0.5052	0.5103	0.5155	0.5204	0.5255	0.5305	0.5356	0.5406
1.2100(25.04)	0.4802	0.4851	0.4900	0.4946	0.4995	0.5043	0.5092	0.5139
1.2200(26.02)	0.4575	0.4621	0.4669	0.4712	0.4759	0.4804	0.4851	0.4895

原滷水 濃縮 滷水比重	1.1120 (14.53)	1.1130 (14.65)	1.1140 (14.77)	1.1150 (14.88)	1.1160 (15.00)	1.1170 (15.11)	1.1180 (15.23)	1.1190 (15.35)
1.1200(15.46)	0.9308	0.9396	0.9485	0.9571	0.9659	0.9743	0.9834	0.9916
1.1300(16.60)	0.8557	0.8638	0.8720	0.8799	0.8880	0.8957	0.9041	0.9117
1.1400(17.72)	0.7920	0.7994	0.8070	0.8143	0.8218	0.8290	0.8367	0.8437
1.1500(18.82)	0.7370	0.7439	0.7510	0.7578	0.7648	0.7714	0.7786	0.7852
1.1600(19.90)	0.6889	0.6954	0.7020	0.7084	0.7149	0.7211	0.7278	0.7339
1.1700(20.97)	0.6467	0.6528	0.6590	0.6650	0.6711	0.6769	0.6833	0.6890
1.1800(22.01)	0.6089	0.6147	0.6205	0.6261	0.6319	0.6374	0.6433	0.6487
1.1900(23.04)	0.5756	0.5810	0.5865	0.5918	0.5973	0.6025	0.6081	0.6132
1.2000(24.05)	0.5456	0.5508	0.5560	0.5610	0.5662	0.5711	0.5765	0.5813
1.2100(25.04)	0.5186	0.5235	0.5285	0.5333	0.5382	0.5429	0.5480	0.5525
1.2200(26.02)	0.4941	0.4988	0.5035	0.5081	0.5127	0.5172	0.5220	0.5264

原 滷 水 濃 縮 滷 水 比 重	1.1200 (15.46)	1.1210 (15.58)	1.1220 (15.69)	1.1230 (15.80)	1.1240 (15.92)	1.1250 (16.03)	1.1260 (16.15)	1.1270 (16.26)
1.1200(15.46)	1.0000	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1.1300(16.60)	0.9193	0.9277	0.9361	0.9442	0.9520	0.9598	0.9689	0.9759
1.1400(17.72)	0.8508	0.8585	0.8663	0.8738	0.8810	0.8883	0.8967	0.9032
1.1500(18.82)	0.7918	0.7989	0.8062	0.8132	0.8199	0.8266	0.8344	0.8405
1.1600(19.90)	0.7401	0.7468	0.7536	0.7602	0.7664	0.7727	0.7800	0.7857
1.1700(20.97)	0.6948	0.7011	0.7075	0.7136	0.7194	0.7254	0.7322	0.7375
1.1800(22.01)	0.6542	0.6601	0.6661	0.6719	0.6774	0.6830	0.6894	0.6945
1.1900(23.04)	0.6183	0.6239	0.6296	0.6351	0.6403	0.6456	0.6517	0.6564
1.2000(24.05)	0.5862	0.5915	0.5969	0.6021	0.6070	0.6120	0.6178	0.6223
1.2100(25.04)	0.5572	0.5622	0.5674	0.5723	0.5770	0.5817	0.5872	0.5915
1.2200(26.02)	0.5308	0.5356	0.5405	0.5452	0.5497	0.5542	0.5594	0.5635

原 滷 水 濃 縮 滷 水 比 重	1.1280 (16.37)	1.1290 (16.49)	1.1300 (16.60)	1.1310 (16.71)	1.1320 (16.83)	1.1330 (16.94)	1.1340 (17.05)	1.1350 (17.16)
1.1300(16.60)	0.9842	0.9920	1.0000	.....	.....	.....	.....	.....
1.1400(17.72)	0.9108	0.9181	0.9255	0.9329	0.9406	0.9477	0.9550	0.9630
1.1500(18.82)	0.8476	0.8544	0.8612	0.8682	0.8753	0.8820	0.8888	0.8962
1.1600(19.90)	0.7923	0.7986	0.8050	0.8116	0.8182	0.8244	0.8308	0.8377
1.1700(20.97)	0.7438	0.7497	0.7557	0.7618	0.7681	0.7739	0.7799	0.7864
1.1800(22.01)	0.7003	0.7059	0.7116	0.7173	0.7232	0.7287	0.7343	0.7405
1.1900(23.04)	0.6620	0.6672	0.6726	0.6780	0.6836	0.6888	0.6941	0.6999
1.2000(24.05)	0.6275	0.6325	0.6376	0.6428	0.6480	0.6530	0.6580	0.6635
1.2100(25.04)	0.5965	0.6013	0.6061	0.6110	0.6160	0.6207	0.6254	0.6307
1.2200(26.02)	0.5683	0.5728	0.5774	0.5821	0.5868	0.5913	0.5959	0.6008

原 滷 水 濃 縮 滷 水 比 重	1.1360 (17.28)	1.1370 (17.39)	1.1380 (17.50)	1.1390 (17.61)	1.1400 (17.72)	1.1410 (17.83)	1.1420 (17.94)	1.1430 (18.05)
1.1400(17.72)	0.9700	0.9776	0.9853	0.9926	1.0000	.....	.....	.....
1.1500(18.82)	0.9026	0.9098	0.9170	0.9237	0.9306	0.9376	0.9447	0.9512
1.1600(19.90)	0.8438	0.8504	0.8571	0.8635	0.8699	0.8764	0.8830	0.8892
1.1700(20.97)	0.7921	0.7983	0.8046	0.8106	0.8163	0.8227	0.8289	0.8347
1.1800(22.01)	0.7453	0.7517	0.7576	0.7632	0.7689	0.7747	0.7805	0.7859
1.1900(23.04)	0.7049	0.7105	0.7161	0.7214	0.7268	0.7322	0.7377	0.7429
1.2000(24.05)	0.6633	0.6735	0.6789	0.6839	0.6890	0.6941	0.6994	0.7042
1.2100(25.04)	0.6352	0.6402	0.6453	0.6501	0.6549	0.6598	0.6648	0.6694
1.2200(26.02)	0.6052	0.6099	0.6148	0.6193	0.6239	0.6286	0.6333	0.6377

原 滷 水 濃 縮 滷 水 比 重	1.1440 (18.16)	1.1450 (18.27)	1.1460 (18.38)	1.1470 (18.49)	1.1480 (18.60)	1.1490 (18.71)	1.1500 (18.82)	1.1510 (18.93)
1.1500(18.82)	0.9585	0.9653	0.9722	0.9791	0.9862	0.9934	1.0000	.....
1.1600(19.90)	0.8960	0.9023	0.9087	0.9153	0.9219	0.9286	0.9348	0.9416
1.1700(20.97)	0.8411	0.8470	0.8531	0.8592	0.8654	0.8717	0.8775	0.8840
1.1800(22.01)	0.7920	0.7976	0.8032	0.8090	0.8148	0.8203	0.8262	0.8323
1.1900(23.04)	0.7486	0.7539	0.7592	0.7647	0.7702	0.7758	0.7810	0.7867
1.2000(24.05)	0.7096	0.7147	0.7197	0.7249	0.7301	0.7354	0.7403	0.7458
1.2100(25.04)	0.6745	0.6793	0.6841	0.6890	0.6940	0.6991	0.7037	0.7080
1.2200(26.02)	0.6426	0.6472	0.6518	0.6565	0.6612	0.6660	0.6704	0.6754

原 滷 水 濃 縮 滷 水 比 重	1.1520 (19.04)	1.1530 (19.15)	1.1540 (19.26)	1.1550 (19.36)	1.1560 (19.47)	1.1570 (19.58)	1.1580 (19.69)	1.1590 (19.80)
1.1600(19.90)	0.9480	0.9545	0.9610	0.9676	0.9736	0.9804	0.9866	0.9936
1.1700(20.97)	0.8899	0.8960	0.9021	0.9083	0.9140	0.9204	0.9262	0.9328
1.1800(22.01)	0.8379	0.8436	0.8494	0.8553	0.8606	0.8666	0.8721	0.8783
1.1900(23.04)	0.7920	0.7974	0.8029	0.8084	0.8135	0.8191	0.8243	0.8301
1.2000(24.05)	0.7508	0.7559	0.7611	0.7664	0.7712	0.7765	0.7814	0.7870
1.2100(25.04)	0.7137	0.7186	0.7235	0.7285	0.7330	0.7381	0.7428	0.7481
1.2200(26.02)	0.6799	0.6846	0.6893	0.6940	0.6983	0.7032	0.7077	0.7127

原 滷 水 濃 縮 滷 水 比 重	1.1600 (19.90)	1.1610 (20.01)	1.1620 (20.12)	1.1630 (20.22)	1.1640 (20.33)	1.1650 (20.44)	1.1660 (20.54)	1.1670 (20.65)
1.1600(19.90)	1.0000	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1.1700(20.97)	0.9387	0.9448	0.9509	0.9572	0.9635	0.9698	0.9756	0.9814
1.1800(22.01)	0.8839	0.8896	0.8954	0.9012	0.9072	0.9132	0.9186	0.9241
1.1900(23.04)	0.8355	0.8409	0.8463	0.8519	0.8575	0.8631	0.8682	0.8734
1.2000(24.05)	0.7920	0.7971	0.8023	0.8076	0.8129	0.8182	0.8231	0.8280
1.2100(25.04)	0.7528	0.7577	0.7626	0.7676	0.7727	0.7778	0.7824	0.7870
1.2200(26.02)	0.7172	0.7219	0.7266	0.7313	0.7361	0.7410	0.7454	0.7498

原 滷 水 濃 縮 滷 水 比 重	1.1680	1.1690	1.1700	1.1710	1.1720	1.1730	1.1740	1.1750
	(20.76)	(20.86)	(20.97)	(21.07)	(21.18)	(21.28)	(21.39)	(21.49)
1.1700(20.97)	0.9880	0.9940	1.0000	.....	.....	.....	.....	.....
1.1800(22.01)	0.9303	0.9359	0.9416	0.9473	0.9531	0.9590	0.9650	0.9703
1.1900(23.04)	0.8793	0.8846	0.8900	0.8954	0.9009	0.9065	0.9121	0.9171
1.2000(24.05)	0.8336	0.8386	0.8437	0.8489	0.8541	0.8594	0.8647	0.8694
1.2100(25.04)	0.7924	0.7971	0.8020	0.8069	0.8118	0.8168	0.8219	0.8264
1.2200(26.02)	0.7549	0.7594	0.7640	0.7687	0.7734	0.7782	0.7830	0.7873

原 滷 水 濃 縮 滷 水 比 重	1.1760	1.1770	1.1780	1.1790	1.1800	1.1810	1.1820	1.1830
	(21.60)	(21.70)	(21.80)	(21.91)	(22.01)	(22.12)	(22.22)	(22.32)
1.1800(22.01)	0.9764	0.9826	0.9881	0.9936	1.0000	.....	.....	.....
1.1900(23.04)	0.9229	0.9287	0.9339	0.9392	0.9452	0.9506	0.9560	0.9615
1.2000(24.05)	0.8749	0.8804	0.8854	0.8903	0.8961	0.9011	0.9063	0.9115
1.2100(25.04)	0.8316	0.8369	0.8416	0.8463	0.8517	0.8566	0.8615	0.8664
1.2200(26.02)	0.7923	0.7973	0.8018	0.8062	0.8114	0.8160	0.8207	0.8254

原 滷 水 濃 縮 滷 水 比 重	1.1840 (22.43)	1.1850 (22.53)	1.1860 (22.63)	1.1870 (22.73)	1.1880 (22.84)	1.1890 (22.94)	1.1900 (23.04)
1.1900(23.04)	0.9670	0.9718	0.9775	0.9832	0.9882	0.9941	1.0000
1.2000(24.05)	0.9167	0.9213	0.9267	0.9321	0.9368	0.9424	0.9480
1.2100(25.04)	0.8714	0.8757	0.8808	0.8860	0.8905	0.8958	0.9011
1.2200(26.02)	0.8302	0.8343	0.8392	0.8441	0.8484	0.8534	0.8585

茲舉例說明計算滷水量及蒸發量之方法如下：

例 1.

a) 原滷水比重 1.0300 (4.20°B.)

b) 所求滷水比重 1.1500 (18.82°B.)

由第四表中查出由 a) 至 b) 之濃縮率為 0.1864.

故其蒸發率為  $1.0000 - 0.1864 = 0.8136$

假定原滷水量為 1,000c.c. 時，所求滷水量即為

186.4c.c.，需要之蒸發量則為 813.6c.c.。

例 2.

原滷水比重 1.0790 (10.57°B.)

所求滷水比重 1.0850 (11.30°B.)

此時表中因無 1.0850 之濃縮率，故採與其接近

之 1.0800 及 1.0900° 兩比重濃縮率之差，求

出每 0.001 比重之濃縮率後，補正求得之。

即 1.0800 之濃縮率爲 0.9867

1.0900 之濃縮率爲 0.8728

故 1.0850 之濃縮率應爲  $0.9867 - \left( (0.9867 - 0.8728) \times \frac{5}{10} \right) = 0.9297$ .

其蒸發率則爲  $1.0000 - 0.9297 = 0.0703$

假定原滷水量爲 1,000c.c. 時，濃縮滷水量爲 929.7c.c.，蒸發量爲 70.3c.c.。

例 3.

原滷水比重 1.1520 (19.04°B.)

所求滷水比重 1.1590 (19.80°B.)

以原滷水 (比重 1.1520) 之濃縮率爲 1.0000

由表中查出 1.1600 之濃縮率爲 0.9480

則 1.1590 之濃縮率應爲  $1.0000 - \left( (1.0000 - 0.9480) \times \frac{7}{8} \right) = 0.9545$

其蒸發率則爲  $1.0000 - 0.9545 = 0.0455$

假定原滷水量爲 1,000c.c. 時，濃縮滷水量應爲 954.5c.c.，蒸發量爲 45.5c.c.。

此項算例所得之數值，及第三表中所列之計算值，經覆核後，其平均誤差 (Mean Deviation) 均不超過前述之範圍，足證本公式之實用價值甚高。

#### (四) 結論

(1) 由滷水之濃縮率及比重間之關係，衍出計算  $Cl/Cl'$

之公式如下：

$$Cl/Cl' = 0.020725 (S-1)^{-1.04389}$$

- (2) 應用上式算出之濃縮率，其平均誤差僅為±0.00209
- (3) 由上式算出之海水濃縮率，列於第三表中。
- (4) 由第三表算出之滷水濃縮率，列於第四表中。
- (5) 根據算出之濃縮率及蒸發率，測定濃縮海水或滷水時之蒸發量及應得之滷水量，於製鹽工作上有莫大之裨益。

# 日 晒 鹽 田 注 水 論

資料來源 華北鹽業研究會季報

永美益夫 著

張耀如 譯

## (一) 緒言

鹽田爲日晒鹽之蒸發設備，自不待言，惟其管理方法，如與他種蒸發設備比較，則尙未達於充分科學化地步。

實施鹽田之科學管理時，所應研究之問題甚多，其中尤以注水一項，最爲重要。決定鹽田之注水量，不僅須參照蒸發計所示之蒸發量，其他如地盤之滲漏，湧水，與濃度增加後，蒸發量所起之變化（略稱爲濃度之抵抗蒸發），及因注水量之深淺所生蒸發量之差異等，在在均須加以考慮。

然現今除蒸發計所示之蒸發量（以下簡稱計器蒸發量）以外，其他各項有關之條件，知之者甚少。即鹽田內之計器蒸發量，亦多數不知，故本論係將觀測所之計器蒸發量，作爲鹽田內之蒸發量，而抵抗蒸發則略而不計。依照所得之標準注水量，對照實地每日之注水量，逐漸求其適當數字，期能迅速實現科學之管理。

## (二) 鹽田蒸發池所需之海水量

先就海水濃度及蒸發量，試求蒸發池一公頃(10,000平方公尺)所需之原料海水量。

例：——如海水之濃度為 $3^{\circ}\text{B}$ ，蒸發量(蒸發計所示之度數)為每日5公厘時，在一公頃(10,000平方公尺)之蒸發池面積內，蒸發至 $25^{\circ}\text{B}$ 時，計實消失原海水50公噸，即55.2立方公尺之體積。(計算省略)

由上例可知所需之海水量，係依原料海水之濃度，及蒸發滴水達到之濃度而異。至蒸發量與面積，則為正比例。

如上述之條件一定，則其消失海水之量亦一定，即以日晒鹽田最簡單之蒸發而論，某濃度之海水，濃縮至某濃度時，若鹽田面積及蒸發量一定，則海水之耗用量，自有一定限度。注水量在此限度以下，生產減低，固不待言，但若注水量超過此限度，不但無益，亦反成生產減低之原因。

鹽田注水過深時，增高濃度需要長久時日。蒸發池內所存大量滴水，若遇天雨，易生損失，且灌入結晶池之新滴水，濃度不足，生產自然低落。

茲舉各種濃度之滴水所需之海水量，即海水耗用量如次：

第一表

原料海水濃度	濃縮滴水之度數 (數量)	蒸發池面積	蒸發量	所需海水量
$3^{\circ}\text{B}$ .	$25^{\circ}\text{B}$ . (5.25m <sup>3</sup> )	1公頃 (10,000m <sup>2</sup> )	1日 5m.m.	55.2m <sup>3</sup>
$3^{\circ}\text{B}$ .	$20^{\circ}\text{B}$ . (7.42m <sup>3</sup> )	1公頃 (10,000m <sup>2</sup> )	1日 5m.m.	57.4m <sup>3</sup>
$2^{\circ}\text{B}$ .	$25^{\circ}\text{B}$ . (4.82m <sup>3</sup> )	1公頃 (10,000m <sup>2</sup> )	1日 5m.m.	54.7m <sup>3</sup>

備考：——濃縮滷水之數量不同，其蒸發滷水所需之結晶池面積，自亦不同。又結晶池之面積，對於蒸發池面積之比例，亦有差異。

### (三) 蒸發池第一段之注水量

茲就鹽田之蒸發濃縮，試論其第一段之注水量。

設(1)每日將各段之全量，順次放下。(2)第一段所注之水亦依次放下。(3)鹽田全面積作為一公頃。(4)每日蒸發量為5公厘(作為總平均5公厘亦可)。(5)第一段所注之原料海水，亦如第一表所列之海水量，若第一段之面積為15% (1,500m<sup>2</sup>)時，則其注水量如次：

第 二 表

濃縮條件	所需海水量	第一段注水量(深度)	備 考
3°B. → 25°B.	55.2m <sup>3</sup>	36.8m.m.	蒸發池面積1公頃 (10,000m <sup>2</sup> )蒸發 量1日5公釐
3°B. → 20°B.	57.4m <sup>3</sup>	38.2m.m.	
2°B. → 25°B.	54.7m <sup>3</sup>	36.4m.m.	

備考：——第一段之注水量在蒸發最盛期，一日為10公釐時，恰為其二倍，72.8~76.4m.m.，仍較一般鹽田注水量之實際深度為少。

### (四) 製鹽所需日數及各段之放水

製鹽所需日數，即自注海水於蒸發池，以至於成鹽之日數。其日數愈短，採鹽之次數愈多，縱令一次所採鹽量無多，亦較遇雨

溶化爲佳。

現有蒸發池八段之鹽田，如由 3°B. 之海水，每日蒸發五公厘在第八日採取 25°B. 之滷水時，其各段之面積如下表。（實行全量放水）

第 三 表

蒸發池階段	一 段	二段	三段	四段	五段	六段	七段	八段
各段面積	18.47%	17.10	15.68	14.18	11.94	9.84	7.38	5.41
各段注水	29.91公釐	26.90	23.89	20.88	18.86	16.82	15.76	14.68
各段濃度 B.	2°~3.6°	4.6°	6.2°	7.9°	10.5°	13.6°	18.2	25°

備考：一 1) 各段注水，必須使其工作便利，如上表只注15公厘~30公厘之極薄層，殊感不便。鹽田地面，必須先行平治均勻，朝鮮鹽田即如此辦理。

2) 如一日蒸發10公厘時，則適爲其二倍，可注水30公厘~60公厘，工作自較便利，若仍照蒸發五公厘放水，則四日間可採取25°B. 之滷水。

至實際放水情形，在蒸發量較少之日，則並不放下全量，不過其中之一部份而已。在蒸發量較大之日，亦不僅放池之全量，其上段之一部份，亦行放下。此種順應天時，配合加減，如能得當，自可發揮生產效能。

（附記）：由海水至採鹽之間，蒸發水分量之90%，係在蒸發池內蒸發，結晶池所蒸發者，僅爲10%，由此可知

蒸發池之注水，實為製鹽事業中最關重要之事項。

(五) 結晶池之注水量

在蒸發池內 $8^{\circ}\text{B}$ .之海水，濃縮至 $20^{\circ}\text{B}$ .時，可得滷水 $7.42\text{m}^3$ （假定蒸發池之面積為1公頃，蒸發量為5公厘），若在結晶池內，再濃縮至 $31^{\circ}\text{B}$ .時，則結晶池之面積應為 $1,120\text{m}^2$ ，注水深度應為6.62公厘（計算省略），如於第四日採鹽，則注水量應為 $6.62 \times 4 = 24.48\text{m.m.}$ ，因之四日後 $31^{\circ}\text{B}$ .之殘液量，應為4.52公厘。（計算省略）

此種注水量不能實行耙鹽，蓋耙鹽工作所需最小限度之水深為6公厘，必須以前回之殘液補充1.48公厘，因之第一日之注水量為8.10公厘，每日各增加1.13公厘，第二日為9.23公厘，則最後耙鹽時之殘液量成6公厘矣。

備考：-- 1) 此時結晶池之面積，對於蒸發池為11.2%，對於

蒸發池與結晶池之總面積，則相當於10.1%。

2) 滷水之採鹽限度，若為 $31^{\circ}\text{B}$ .，則每次採鹽（第四日）所餘之苦滷量，在上述情形時，為6公厘與1.48公厘之差4.52公厘，即由總面積一公頃之鹽田，可得 $4.57\text{m}^2$ 之苦滷。

至鹽田面積一公頃（由蒸發池至結晶池）所產之鹽量，為由蒸發池（8,990平方公尺）一日所得滷水6.67立方公尺之採鹽量，（NaCl 85%）計為1.27公噸，若每四日採鹽一次，則可得5.08公噸。

蒸發量10公釐，二日採鹽時，與上述蒸發量五公釐，四日採鹽之數量相同，故若四日採鹽時，其量則可得二倍。

此時之注水量，於二日採鹽時，第一日為殘液1.48公釐，與新滴水13.24公釐之合計，為14.72公釐，第二日增加2.26公釐為16.98公釐，則耙鹽時之殘液恰成6公釐。

若四日採鹽時，可由二日採鹽類推，耙鹽時之殘液可成10.5公釐，因之當初1.48公釐之補給，自可不要，又中途亦可採取苦滷。

由本項可知，除殘留耙鹽必要之苦滷外，其餘（每公噸鹽約為1,000公升）則可採取，較從來實際之數量為大，但常受降雨之害，實際不易達到此等理論數，惟結晶池之注水量，總以科學方法管理為有利。

（附記）：結晶池面積對於蒸發池之比例，因採滷濃度而異，由第一表之採滷量；及本項結晶池面積之說明，自可知之。

#### （六）科學管理注水可得之效果

如照下列四項實行，增加生產力20%—30%，殊為易事，甚至能增加生產力一倍。

1. 縮減製鹽之日數。
2. 結晶池注入高濃度之滴水。
3. 採鹽殘液濃度之管制。
4. 預定生產數量。

茲再說明如次：

（1）若能依注水放水之管理，將製鹽所需日數，縮減一日，

(即採鹽提前一日)，則可多得一日之鹽量。未能實行此種管理之鹽田，此項滷水自必殘留鹽田中，如逢降雨，流失堪虞。製鹽固需一定之日數，但若一年損失五日，鹽田一公頃一日生產以一公噸計算，則減產五公噸，即對於五十公噸之生產量，已減產10%矣。

(2) 欲注入高濃度滷水於結晶池，必須注意蒸發池之注水及放水，漫不經心之注水，常失之過深，欲得高濃度之滷水，自需長久時日，其延長之日數，即等於減產。更有欲求迅速採鹽，而注入低濃度滷水者，亦為不能發揮充分生產力之原因。

茲舉使用低濃度滷水，生產力減少之狀況如次：

結晶池 使用滷水	滷水1000公升濃縮至31°B.可得 之食鹽量 (NaCl 85%)	備 攷
6.75°B.	147公斤 ( 75.4 )	( )內之數字係 將20.60 B.者 作為100時之 比較
20.60°B.	195公斤 ( 100.0 )	
22.00°B.	214公斤 ( 109.6 )	
25.00°B.	252公斤 ( 129.2 )	

在相同日數養成之滷水，因注水放水之適當與否，其濃度亦有高低，其結果能使生產力減少 10%~30%。

(3) 結晶池內如注水過深，濃度不能充分增高，亦足以影響產量，(設以 31°B. 之產量為 100 時，30°B. 則減少5%，29°B. 減 11%，28°B. 減 20%) 惟製鹽家未有在 28°B. 或 29°B.，即行停止曬製者。但因蒸發池中注水較深，供給結晶池滷水過多，使其不能全部消化之弊，則常見不鮮。

總之，每日製鹽後，所餘之新殘液，應達其應有之濃度，（例如  $81^{\circ}\text{B}$ ）生產力方可充分發揮。

（4）前篇結晶池注水量項下所述，如每日為五公厘蒸發量，一公頃鹽田應產鹽量，為一日 1.27 公噸，10公釐時，為2.54 公噸。五公釐蒸發量，四日採鹽時，應為 5.08 公噸，若為一副三公頃之鹽田，應得 15.24 公噸，倘實際生產力較此為少時，應研究其原因設法糾正，使其生產增加。

（附記）從來比較產量，雖多按年產或月產，但管理製鹽工作，似以比較每日或每次之產鹽量為佳，蓋對於提高改善，可以隨時予以適當之處置。

#### （七） 結論

以上所述，文拙辭簡，費解之處，在所不免，補充說明，容俟異日，同時對照實際問題，繼續研究，以期貫徹本文之旨趣，至此種旨趣之實現，尚有待於製鹽專家之指導。

# 鹽田土壤之物理性質



資料來源 華北鹽業研究會季報

杉 二郎 著

橋爪正男

張 耀 如 譯

## (一) 土壤之物理性質

鹽田土壤為製鹽之基礎，故研究鹽田土壤之性狀，實為第一要務。茲略述其物理性質於次：

### (1) 土壤粒子之大小及命名法

認為鹽田土壤，純係球狀粒子所組成，固屬錯誤，但以此種狀態考察，實較便利。

各國區別粒子大小之方法不同，茲舉其主要者如次：

(a) 國際土壤學會規定之方法（以下粒子之直徑，均係以 m·m·表示）

$>2.0$ .....	Gravel	（礫）
$2.0\sim 0.2$ .....	Coarse Sand	（粗砂）
$0.2\sim 0.02$ .....	Fine Sand	（細砂）

0.02~0.002 .....Silt (粉砂)

0.002 以下 .....Clay (黏土)

(b) 美國土壤局之方法

2.0~1.0 .....Fine Gravel (細礫)

1.0~0.5 .....Coarse Sand (粗砂)

0.5~0.25 .....Medium Sand (中砂)

0.25~0.10 .....Fine Sand (細砂)

0.10~0.05 .....Very Fine Sand(極細砂)

0.05~0.005 .....Silt (粉砂)

0.005 以下 .....Clay (黏土)

(c) 德國林業試驗協會之方法

≥2.0 .....Grober Kies (石礫)

2.0~1.0 .....Grober Sand (砂礫)

1.0~0.5 .....Mittel Sand (粗砂)

0.5~0.2 .....Feiner Sand (細砂)

0.2 0.05 .....Feinster Sand (極細砂)

(d) 日本農學會之方法

≥2.0 .....礫及角礫

2.0 ~0.25 .....粗砂

0.25~0.05 .....細砂 } 砂

0.05~0.01 .....粉砂 } 細土

0.01 以下 .....黏土

如上所列，分別土壤之物理的成分，明瞭其各成分之比例，不僅土壤之命名可以決定，且於判定土壤之滲透性及其他物理性質，尤屬必要。故研究鹽田地盤之構成，宜先實行土壤之物理分析。

### (e) 土壤命名法

依上述之標準實行土壤之物理分析後，根據各種粒子之量，命名原土，可得土壤性狀之概念，日本命名土壤分為下列數種。

	Clay	Sand
砂 土(Sand)	0~12.5%	100~87.5%
砂質壤土(Sandy Loam)	12.5~25 "	87.5~75 "
壤 土(Loam)	25~37.5 "	75 ~62.5 "
黏土質壤土(Clayly Loam)	37.5~50 "	62.5~ 50 "
黏 土(Clay)	50~100 "	50 ~ 0 "

黏土為二次生成物，有似膠質之性質，對於水之關係，極為重視。

茲將北京大學分析之土壤結果，列表於次以供參考。

依 A.S.K. 法之物理分析結果(%)

採集試料地名	粒 徑 (m.m.)			
	2.0~0.25	0.25~0.05	0.05~0.01	0.01 以下
山西省靈石黃土	0.57%	11.2	64.93	23.3
” 趙 城 ”	0.70 ”	18.337	58.325	22.638
河北省塘沽(久大鹽田) 結晶池	1.35 ”	16.25	34.975	47.425
北平市西郊八里莊	0.15 ”	34.5	46.2	19.15
備 考	不含粒徑在2.0m.m.以上之物			

(北京大學橋爪，侯分析)

## (2) 土壤之空隙量

構成土壤粒子之成分，由上記分析之結果，雖可推知其梗概，但此等粒子之配列，極為複雜。其粒子相互間之空隙，對於水之滲透，有重要關係。此空隙容積，與土砂實質部份容積之比，謂之空隙比。如以  $e$  代表空隙比， $V_v$  及  $V_s$  代表空隙容積及土砂實質容積，則  $e = \frac{V_v}{V_s}$ 。又若以土壤之總容積  $V$  代  $V_s$ ，則  $P = \frac{V_v}{V}$ ，此時之  $P$  謂之空隙率。

現今此等之值，不用直接測定，乃由計算間接求出，即將原土置於  $100^{\circ} \sim 110^{\circ}C$  之恆溫器中，乾燥至重量不再變更，求得此土壤之單位容積，以之為假比重  $G$ ，次以比重瓶求其真比重  $G_s$ ，則實質部份容積 ( $V_s$ )  $\times G_s =$

$$1 (\text{單位容積}) \times G \circ \quad \text{故 } V_s = \frac{G}{G_s} \text{ 即 } P = 100 \left( 1 - \frac{G}{G_s} \right) \circ$$

## (二) 土壤中水之滲透

記述滲透水之前，須先明瞭土中水之種類。

### (1) 土壤中水分之種類

(a) 化合水 Combined Water

(b) 吸着水 Hygroscopic Water

(c) 毛管水 Capillary Water

(d) 重力水 Gravity Water

i 地下水 Underground Water

ii 滲透水 Percolating Water

(a) 化合水：一為與土壤呈化學結合之水，雖熱至 $100^{\circ}$ ~ $110^{\circ}\text{C}$ 亦不分離，但熱至 $300^{\circ}$ ~ $800^{\circ}\text{C}$ 則可除去。

(b) 吸着水：一因物質之分子間具有引力，故物質表面均能吸着水分，此凝結於土粒表面之水分，稱為吸着水。雖在空氣中風乾，亦不分離，但若溫度能長久保持在 $100^{\circ}$ ~ $110^{\circ}\text{C}$ 時，則可除去。故吸着水亦可謂為風乾土壤之附着水分。土壤吸着此水之力甚強，相當於一萬至二萬氣壓云。

吸着水之多寡，依土壤之種類而異，又因空氣中之溫度而有差異，接觸濕潤空氣者所吸較多。吸着作用對於鹽田之微細土壤，更有顯着之現象，日後當

再另行詳論。吸着水對於  $100^{\circ}\sim 110^{\circ}\text{C}$  之乾土重量百分比率，稱爲吸着係數(Hygroscopic Coefficient)，茲舉一例如次：

土壤種類	粗砂	細砂	砂質壤土	壤土	黏土質壤土
吸着係數	0.5	2.0	4.5	8.0	12.0

(c) 毛管水：一土壤粒子間吸着水之外面，依表面張力存在之水，謂之毛管水。加水於土壤時，係先成吸着水，由分子間引力保持，若更加水，則因毛細管作用滲入於土壤之細隙間。日本內地鹽田中，所撒布之砂層，即係利用此種作用，俾由水溝滲入地盤下面之海水能以上升至地盤表面。毛管水有與地下水連結者，有附着土粒不與地下水連結，而成懸垂狀態者(有稱此種狀態爲附着水者)。前者之存在狀態又分二種，全毛管由水充滿者謂之毛管水帶，上部粗毛管包含空氣，僅下部細毛管由水充滿者，謂之包氣毛管水帶。茲舉毛管水上升高度一例如次：

日本山口縣防府市專賣局試驗場鹽田土壤毛管水上升高度之例

種類	上升高度(cm)	含有黏土%
第一號池中央表面土	246.5	7.02
第二號 "	235.5	6.10
第三號 "	329.0	8.30

(d) 重力水：一因重力沿土壤粒子下流之水，稱為重力水，為可離開土壤粒子而存在之水。停滯於土壤表面之水，滲透於地下之水及地下水等，皆屬於重力水。

i 地下水

地下水係指停滯於不透水性（所謂不透水性者，乃謂水之滲透，非常遲緩，非絕對不透之意）岩層上部之水，或受水面傾斜，或受壓力，流動於其上者而言。不透水性之岩石，係由黏土，頁岩，黏板岩，花崗岩，結晶岩，片麻岩等而成。

地下水之上部，常與毛管水連結，其間雖不能看出明晰之界限，但其界限存在於地下水面上，自屬當然。在人工掘井時，即可看出毛管水不能掩蓋之地下水面。此水面以下之部份，稱為地下水帶。井中之水面，通常與地下水面一致。此水面與地表或某標準面之垂直距離，稱為地下水位。海岸附近之地下水位，常受海水壓力作用之影響，普通依潮水之高低，而有昇降。決定地下水流動之方向，在鹽田中，亦屬必要。茲述其決定方法如次。

甲) 等高線法：表示地下水面之形狀，即傾斜狀態，其方法恰與表示地上等高線者相同，即先畫地下水之等高線，明瞭地下水位之傾斜度，然後決定流動之方向者。地下水流動之方向與等高線為

直角，流速則可由等高線間之距離及土質等推知之。

乙) 着色法： 着色劑為容易鑑別之稀薄溶液，且無害於人體之色素，所用材料皆為有機性物。普通多用 Uranine，此液之濃度雖稀至 $10^{-7}$ ，亦可明顯分別，故投入上流之井內，汲取其周圍之井水，加以鑑別，將其中表示最明顯之井，與投入之井連結一線，此線之方向，即為地下水流動之方向。但 Uranine 如經黏土質及有機質土壤時，即被吸收，難起反應。

丙) 食鹽法： 此法為鐵恩氏 (Thien) 所發明，食鹽溶解迅速。且價廉無害，雖極少量之食鹽，亦可以硝酸銀之反應判明，但在存有鹽分之土地，測定頗為困難。

#### ii 滲透水

土層中具顯著流動性，向下方及側方自由移動之水，謂之滲透水。助長此移動之力，為重力及毛管力，抵抗此等之力為土壤粒子間之摩擦及土層中空氣之張力。滲透水依運動之原動力可分為二種。

甲) 依重力而向下移動者，即流入土層之裂縫，虫類或植物根所穿之穴，及其他空洞中之水，與地下水連絡，而向下流動之水也。

乙) 重力與毛管力二者作用，向下方及側方移動者，稱為毛管滲透水。即降於乾燥土層上之雨水，或水路底之漏水，沿土壤毛管之空隙，依毛細管作用，移動於下方或側方，其前端概由凹形之毛管膜而成。



# 海水及滷水之比重

資料來源：日本專賣局中央研究所報告

(一九三二年二月份)

鈴木寬著

張耀如譯

## (一) 緒言

濃縮海水時，其中所含成分之析出狀況，由依西克利奧氏 (Usiglio) 之研究結果，已可大體明瞭。本文係研究海水及各種濃度滷水之比重，並於各種溫度 ( $15^{\circ}\sim 80^{\circ}\text{C}.$ ) 下，測定其普通比重及波美比重，求出比重與溫度之關係式及其他有關之各種關係式，提供參考。

## (二) 試樣

採取地：廣島縣尾道市港外木原沖

比重( $15^{\circ}\text{C}.$ )：1.0249       $3.5^{\circ}\text{B}.$

反應：無色無臭透明中性

固形物：3.579%      100c.c. 中 3.660gr.

化學組成：	Ca	0.035%	CaSO <sub>4</sub>	0.120%
	Mg	0.131%	MgSO <sub>4</sub>	0.227%
	SO <sub>4</sub>	0.266%	MgCl <sub>2</sub>	0.334%
	Cl	1.806%	Na Cl	2.565%

在 15°C. 作如次之濃縮。

1. 測定普通比重用

I<sub>A</sub> 海水

II<sub>A</sub> 海水 10 公升濃縮至 6.00 公升

III<sub>A</sub> 海水 10 公升濃縮至 2.75 公升

IV<sub>A</sub> 海水 10 公升濃縮至 2.25 公升

V<sub>A</sub> 海水 10 公升濃縮至 1.30 公升

VI<sub>A</sub> 海水 10 公升濃縮至 1.00 公升

2. 測定波美比重用

I<sub>B</sub> 海水

II<sub>B</sub> 海水 10 公升濃縮至 2.75 公升

III<sub>B</sub> 海水 10 公升濃縮至 2.25 公升

IV<sub>B</sub> 海水 10 公升濃縮至 1.30 公升

V<sub>B</sub> 海水 10 公升濃縮至 1.25 公升

(三) 普通比重

1. 實測數

測定時，係用附有溫度計之比重瓶，測定時之溫度為 15°~80°C.，在更高溫度則測定困難。測定普通比重時可依次式計算。

$$S = \frac{(W - W') d}{W_w - W'}$$

S. : 比重

W : 比重瓶中充滿海水或滷水時之重量

$W'$  : 比重瓶之重量

$W_w$  : 比重瓶中充滿蒸溜水時之重量

$d$  : 測定溫度下水之密度

實測結果如下表。

第 一 表

溫度 (C°)	$I_s$	$II_s$	$III_s$	$IV_s$	$V_s$	$VI_s$
15	1.0249	1.0412	1.0886	1.1070	1.1613	1.2192
20	1.0241	1.0400	1.0864	.....	1.1591	1.2176
30	1.0207	1.0366	1.0842	1.1000	1.1558	1.2131
40	1.0150	1.0316	1.0790	1.0948	1.1504	1.2070
60	1.0080	1.0211	1.0707	1.0877	1.1423	1.2013
80	0.9980	1.0135	1.0600	1.0776	1.1340	1.1910

## 2. 海水及各種濃度滷水之比重與溫度之關係式

以溫度為橫軸，比重為縱軸，表示第一表之實測數，如第一圖  $I_s$  至  $VI_s$ ，殆皆近似直線，故依平均法算出直線之實驗式，設  $s$  為比重， $t$  為溫度，則可得下列之關係式。

第 二 表

$$I_s \quad S = 1.03233 - 42t \times 10^{-5}$$

$$II_s \quad S = 1.04837 - 42t \times 10^{-5}$$

$$III_s \quad S = 1.09573 - 43t \times 10^{-5}$$

$$IV_s \quad S = 1.11282 - 43t \times 10^{-5}$$

$$V_B \quad S = 1.16805 - 43t \times 10^{-5}$$

$$VI_B \quad S = 1.22617 - 44t \times 10^{-5}$$

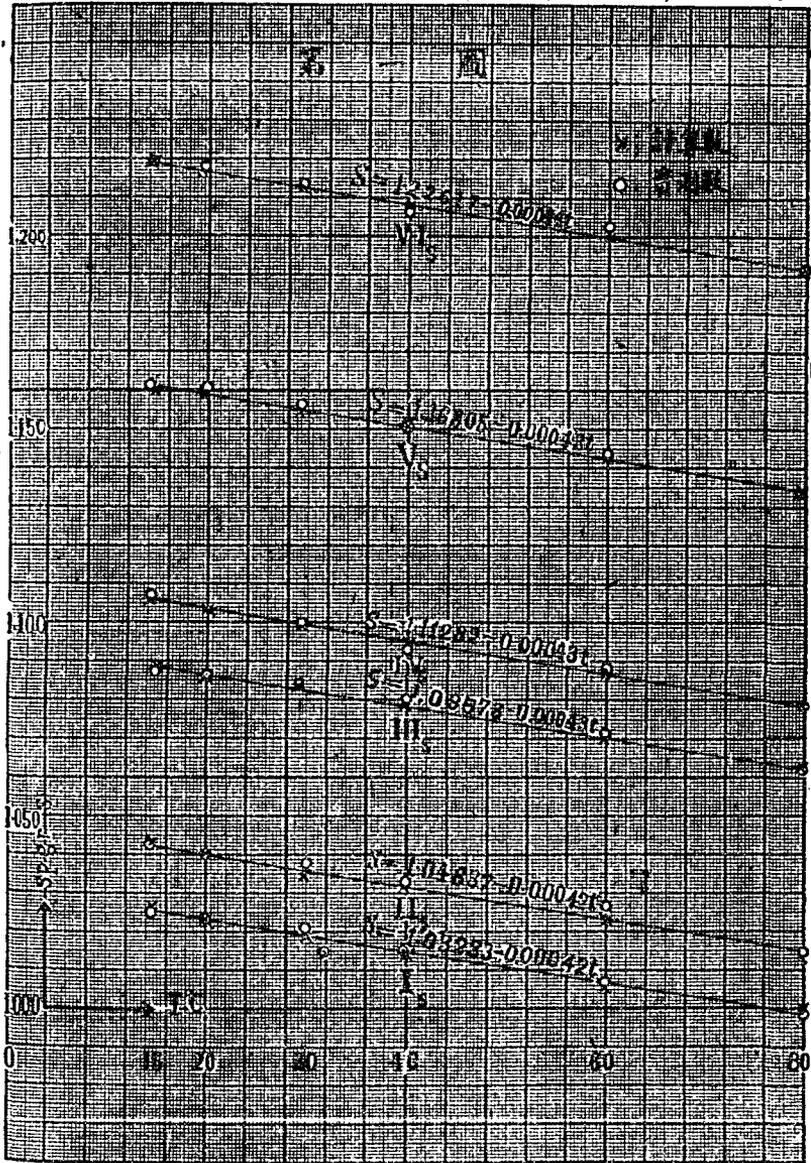
由此等關係式算出各溫度下之比重如次。

第 三 表

溫度 (C°)	I <sub>B</sub>			II <sub>B</sub>			III <sub>B</sub>		
	So	Sc	△S	So	Sc	△S	So	Sc	△S
15	1.0249	1.0260	+0.0011	1.0412	1.0421	+0.0009	1.0886	1.0894	+0.0008
20	1.0241	1.0239	-0.0002	1.0400	1.0400	+ 0	1.0864	1.0871	+0.0007
30	1.0207	1.0197	-0.0010	1.0366	1.0358	+0.0008	1.0842	1.0828	-0.0014
40	1.0150	1.0155	+0.0005	1.0316	1.0316	+ 0	1.0790	1.0785	-0.0005
60	1.0080	1.0071	-0.0009	1.0241	1.0232	-0.0009	1.0707	1.0699	-0.0008
80	0.9980	0.9937	+0.0007	1.0135	1.0148	+0.0013	1.0600	1.0612	+0.0013

溫度 (C°)	IV <sub>B</sub>			V <sub>B</sub>			VI <sub>B</sub>		
	So	Sc	△S	So	Sc	△S	So	Sc	△S
15	1.1070	1.1064	-0.0006	1.1613	1.1616	+0.0003	1.2192	1.2196	+0.0004
20	.....	1.1042	.....	1.1591	1.1595	+0.0004	1.2176	1.2173	-0.0003
30	1.1000	1.0999	-0.0001	1.1558	1.1552	-0.0006	1.2131	1.2130	-0.0001
40	1.0948	1.0956	+0.0008	1.1504	1.1509	+0.0005	1.2070	1.2086	+0.0016
60	1.0877	1.0870	-0.0007	1.1423	1.1423	+ 0	1.2013	1.1998	-0.0015
80	1.0776	1.0783	+0.0007	1.1340	1.1337	-0.0003	1.1910	1.1910	+ 0



上表中 $S$ 。爲實測比重。

$S_c$  爲由關係式算出之比重。

$\Delta S$  爲實測數與計算數之差。

由此可知實測數與計算數之差極小，在普通實用上不生何等影響，故此等濃度之鹵水，直可由上記關係式算出各溫度時之比重。此等關係以圖示之，則如第一圖。

### 3. 比重與溫度關係式中之常數與濃度之關係式

將上記各種濃度關係式中之常數，分別作爲  $a$  及  $b$ ，則得

$$S = a + bt \quad (1)$$

故各種濃度之  $a$  如次。(參照第二表及第三表)

第 四 表

	$S_c$ (15°C.)	$a$
I <sub>a</sub>	1.0260	1.03233
II <sub>a</sub>	1.0421	1.04837
III <sub>a</sub>	1.0894	1.09573
IV <sub>a</sub>	1.1064	1.11282
V <sub>a</sub>	1.1616	1.16805
VI <sub>a</sub>	1.2196	1.22617

將此等關係以圖示之，則如第二圖，近似直線，故與前同樣依平均法作成直線之實驗式，則可得下列之關係式。

$$a = 0.00469 + 1.00154S_c \quad (2)$$

$S_c$  爲  $15^{\circ}\text{C}$ . 時之比重。(與第三表同，以下同此)

依式得  $a$  之計算數如次。

第 五 表

$S_c$ ( $15^{\circ}\text{C}.$ )	$a_0$	$a_c$	$\Delta a$
1.0260	1.03233	1.03227	- 0.00006
1.0421	1.04837	1.04839	+ 0.00002
1.0894	1.09573	1.09577	+ 0.00004
1.1064	1.11282	1.11279	- 0.00003
1.1616	1.16805	1.16808	+ 0.00003
1.2196	1.22617	1.22617	+ 0

表中  $a_0$  爲第四表之  $a$ 。

$a_c$  爲由 (2) 式算出之數。

$\Delta a$  爲二者之差數。

卽由 (2) 式可直接算出種種濃度時 (1) 式中之  $a$ 。

次將各種濃度時之  $a/b$  算出如次。



第 六 表

	Sc (15°C.)	a/b
I <sub>s</sub>	1.0260	- 2457.86
II <sub>s</sub>	1.0421	- 2496.12
III <sub>s</sub>	1.0894	- 2548.21
IV <sub>s</sub>	1.1064	- 2587.95
V <sub>s</sub>	1.1616	- 2716.40
VI <sub>s</sub>	1.2196	- 2786.75

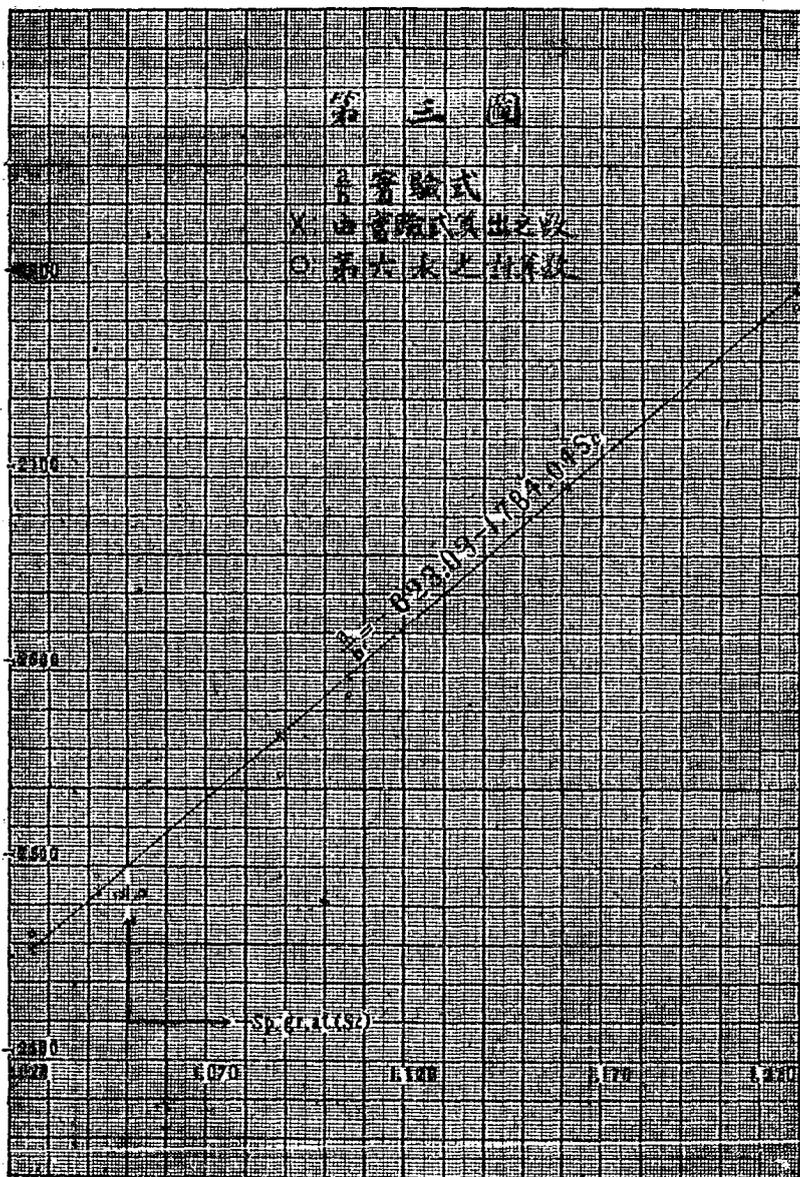
此等關係以圖示之，則如第三圖，略成直線，依平均法作成直線之實驗式如次。

$$a/b = -623.03 - 1784.04 Sc \quad (3)$$

由上式先求得a/b，更由(2)式之a再算出b，則如下表。

第 七 表

	Sc (15°C.)	b	bc	△b
I <sub>s</sub>	1.0260	$-42 \times 10^{-5}$	$-42 \times 10^{-5}$	+ 0
II <sub>s</sub>	1.0421	$-42 \times 10^{-5}$	$-42 \times 10^{-5}$	+ 0
III <sub>s</sub>	1.0894	$-43 \times 10^{-5}$	$-43 \times 10^{-5}$	+ 0
IV <sub>s</sub>	1.1064	$-43 \times 10^{-5}$	$-43 \times 10^{-5}$	+ 0
V <sub>s</sub>	1.1616	$-43 \times 10^{-5}$	$-43 \times 10^{-5}$	+ 0
VI <sub>s</sub>	1.2196	$-44 \times 10^{-5}$	$-44 \times 10^{-5}$	+ 0



表中b爲第二表中之數。

bc係由(2)及(3)式算出之數。

即由(2)及(3)式算出之b, 與第二表中之數, 殆無差異。  
故若由(2)及(3)式求得15°C. 時任意濃度之海水或滷水之比重時, 則可算出(1)式之a及b, 因而任意溫度及濃度之海水或滷水之比重, 可由關係式算出。

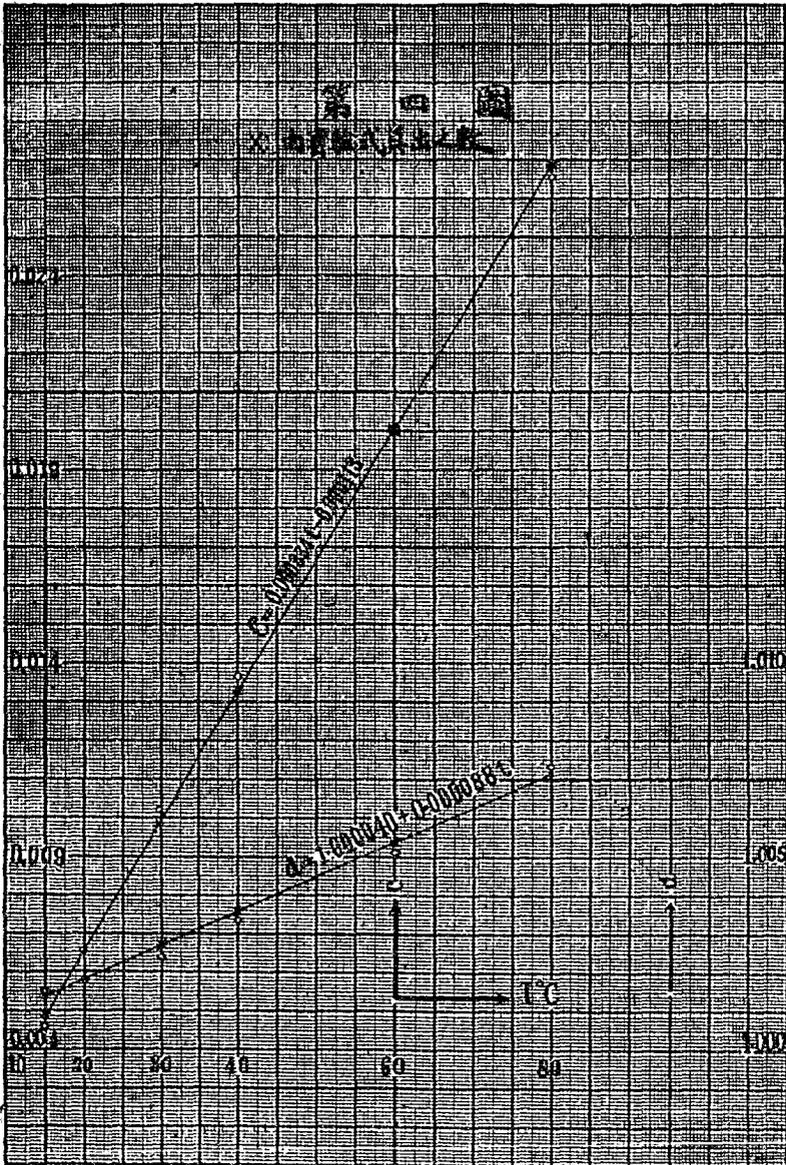
依此先由關係式算出 a 及 b, 再將各種濃度及溫度之海水或滷水之比重算出, 則如下表。

第 八 表

溫度 (C°)	I <sub>s</sub>			II <sub>s</sub>			III <sub>s</sub>		
	So	Sc	△S	So	Sc	△S	So	Sc	△S
15	1.0249	1.0260	+0.0011	1.0412	1.0421	+0.0009	1.0886	1.0893	+0.0007
20	1.0241	1.0239	-0.0002	1.0400	1.0400	+ 0	1.0864	1.0872	+0.0008
30	1.0207	1.0197	-0.0010	1.0366	1.0358	-0.0008	1.0842	1.0829	+0.0013
40	1.0150	1.0155	+0.0005	1.0316	1.0316	+ 0	1.0790	1.0786	-0.0004
60	1.0080	1.0071	-0.0009	1.0241	1.0232	-0.0009	1.0707	1.0700	-0.0007
80	0.9980	0.9987	+0.0007	1.0135	1.0148	+0.0013	1.0600	1.0614	+0.0014

溫度 (C°)	IV <sub>s</sub>			V <sub>s</sub>			VI <sub>s</sub>		
	So	Sc	△S	So	Sc	△S	So	Sc	△S
15	1.1070	1.1063	-0.0007	1.1613	1.1616	+0.0003	1.2192	1.2196	+0.0004
20	.....	1.1042	.....	1.1591	1.1595	+0.0004	1.2176	1.2173	-0.0003
30	1.1000	1.0999	-0.0001	1.1558	1.1552	-0.0006	1.2131	1.2130	-0.0001
40	1.0948	1.0956	+0.0008	1.1504	1.1509	+0.0005	1.2070	1.2086	+0.0016
60	1.0877	1.0870	-0.0007	1.1423	1.1423	+ 0	1.2013	1.1998	-0.0015
80	1.0776	1.0784	+0.0008	1.1340	1.1337	-0.0003	1.1910	1.1910	+ 0



## 4. 比重與溫度關係式中之常數與濃度及溫度之關係式

前記(2)及(3)式中之  $S_c$ ，雖為  $15^\circ\text{C}$ . 時之比重，但同種關係在其他各種溫度時，亦可成立。故(2)式可變為

$$a = c + dS' \quad (4)$$

$S'$  為各種溫度時之比重。

若算出各種溫度時之  $c$  及  $d$ ，則如下表。

第 九 表

溫度 ( $^\circ\text{C}$ )	$c$	$d$
15	0.00469	1.00154
20	0.00653	1.00185
30	0.01015	1.00245
40	0.01344	1.00337
60	0.02004	1.00520
80	0.02634	1.00734

此等關係以圖示之，則如第四圖，近似直線。若作成直線之實驗式，則可得下列之關係式。

$$c = 0.000334t - 0.000113 \quad (5)$$

$$d = 1.000040 + 0.000088t \quad (6)$$

由此等關係式算出  $c$  及  $d$  如次。

第十表

溫度 (C°)	C	Cc	$\Delta c$	d	dc	$\Delta d$
15	0.00469	0.00490	+0.00021	1.00154	1.00136	-0.00018
20	0.00653	0.00657	+0.00004	1.00185	1.00180	-0.00005
30	0.01015	0.00991	-0.00024	1.00245	1.00268	+0.00023
40	0.01344	0.01325	-0.00019	1.00337	1.00356	+0.00019
60	0.02004	0.01993	-0.00011	1.00520	1.00532	+0.00012
80	0.02634	0.02661	+0.00027	1.00734	1.00708	-0.00026

C 及 d 爲第九表之數字。

Cc 及 dc 爲由 (5) 及 (6) 式算出之數字。

$\Delta C$  及  $\Delta d$  爲二者之差數。

此等關係如第四圖所示， $\Delta C$  及  $\Delta d$  均小，如由 (5) 及 (6) 算出任意溫度之 C 及 d，即得任意溫度時 (4) 式之 C 及 d，故若知該溫度時之比重 S'，則可知 (4) 式中之 a。

同樣 (3) 式可變爲

$$a/b = C' + d'S' \quad (7)$$

若算出各種溫度時之 C' 及 d'，則如下表。

第十 一 表

溫度 (C°)	C'	d'
15	-623.03	-1784.04
20	-626.33	-1784.58
30	-632.75	-1785.66
40	-638.67	-1787.23
60	-650.39	-1790.54
80	-661.63	-1794.36

此等關係如第五圖所示，近似直線，與前同樣，作成直線之實驗式，可得次之結果。

$$C' = -614.450 - 0.5964t \quad (8)$$

$$d' = -1781.397 - 0.1552t \quad (9)$$

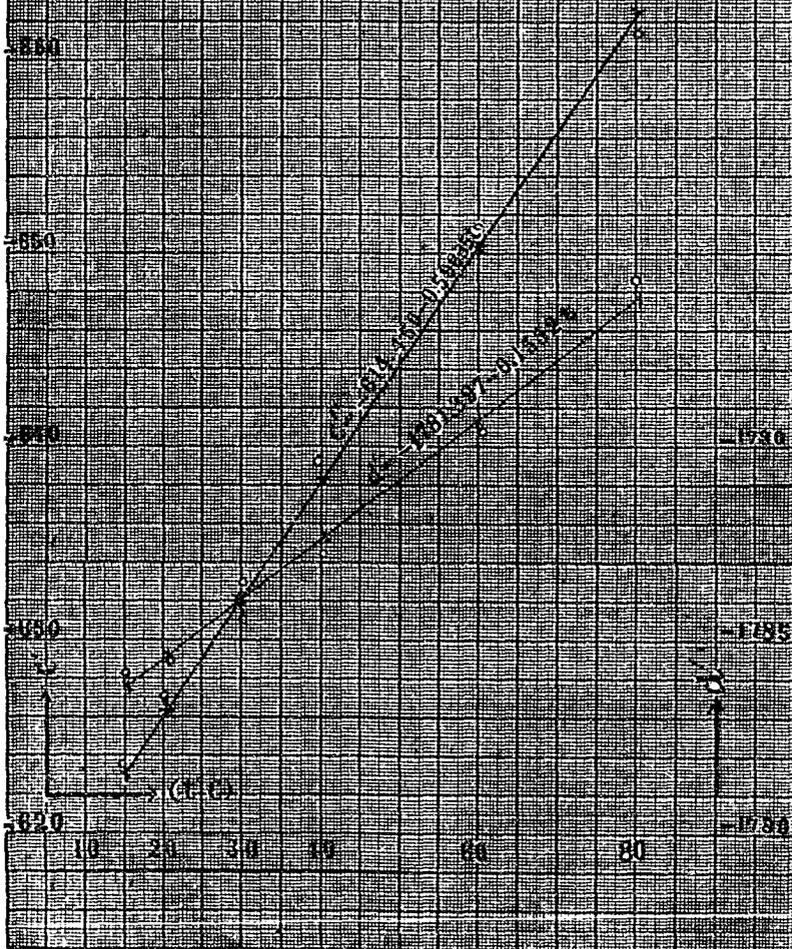
由此等關係式算出 C' 及 d' 如次。

第十 二 表

溫度 (C°)	C'	C'c	△C'	d'	d'c	△d'
15	-623.03	-623.40	+0.37	-1784.04	-1783.77	-0.27
20	-626.33	-626.38	+0.05	-1784.58	-1784.50	-0.08
30	-632.75	-632.34	-0.41	-1785.66	-1786.06	+0.40
40	-638.67	-638.30	-0.37	-1787.23	-1787.61	+0.38
60	-650.39	-650.23	-0.16	-1790.54	-1790.71	+0.17
80	-661.63	-662.16	+0.53	-1794.36	-1793.82	-0.54

第五圖

X 由實驗式算出之數



$C'$  及  $d'$  爲第十一表之數字。

$C'e$  及  $d'e$  爲由 (8) 及 (9) 式算出之數字。

$\Delta C'$  及  $\Delta d'$  爲二者之差數。

因  $\Delta C'$  及  $\Delta d'$  均小，可直由 (8) 及 (9) 算出任意溫度時 (7) 式之  $C'$  及  $d'$ ，故若知該溫度之比重  $S'$ ，自可算出 (7) 式中之  $a/b$ ，再由 (4) 式之  $a$ ，則可將  $b$  算出。

換言之，若知任意溫度時之比重  $S'$ ，可由 (5) 及 (6) 式得 (4) 式之  $C$  及  $d$ ，並可算出  $a$ ，同樣由 (8) 及 (9) 式可得  $C'$  及  $d'$ ，並由 (7) 式可算出  $a/b$ ，則可將  $b$  算出。

既知 (1) 式中之  $a$  及  $b$ ，則可算出任意溫度之比重  $S$ 。

例如欲將在室溫測定之比重，改算爲某一定溫度時，則可由上記之種種關係式直接算出。故在實用上效果甚大。

將依此算出之海水及各種濃度滷水在各溫度下之比重，與實測數相較，得下列之結果，可知在實用上不生何等影響。

第 十 三 表

t°C.	I <sub>s</sub>			II <sub>s</sub>			III <sub>s</sub>		
	So	Sc	ΔS	So	Sc	ΔS	So	Sc	ΔS
15	1.0249	1.0252	+0.0003	1.0412	1.0423	+0.0011	1.0886	1.0895	+0.0009
20	1.0241	1.0235	-0.0006	1.0400	1.0402	+0.0002	1.0864	1.0876	+0.0012
30	1.0207	1.0193	-0.0014	1.0366	1.0360	-0.0006	1.0842	1.0833	+0.0009
40	1.0150	1.0151	+0.0001	1.0316	1.0318	+0.0002	1.0790	1.0790	+0
60	1.0080	1.0067	-0.0013	1.0241	1.0234	-0.0007	1.0707	1.0704	-0.0003
80	0.9980	0.9983	+0.0003	1.0135	1.0150	+0.0015	1.0600	1.0618	+0.0018

t°C.	IV <sub>s</sub>			V <sub>s</sub>			VI <sub>s</sub>		
	So	Sc	ΔS	So	Sc	ΔS	So	Sc	ΔS
15	1.1079	1.1056	-0.0014	1.1613	1.1614	+0.0001	1.2192	1.2194	+0.0002
20	—	1.1035	—	1.1591	1.1593	+0.0002	1.2176	1.2172	-0.0004
30	1.1000	1.0992	-0.0008	1.1558	1.1550	-0.0008	1.2131	1.2128	-0.0003
40	1.0948	1.0947	-0.0001	1.1504	1.1507	+0.0003	1.2070	1.2083	+0.0013
60	1.0877	1.0863	-0.0014	1.1423	1.1421	-0.0002	1.2013	1.1994	-0.0019
80	1.0776	1.0777	+0.0001	1.1340	1.1335	-0.0005	1.1910	1.1905	-0.0005

## (四) 波美比重

## 1. 實測數

用波美比重計在 15°~80°C. 間, 測定海水及各種濃度滷水之比重, 得下列之結果。所用比重計有  $\frac{1^\circ}{10}$  Be' 之刻度, 並經檢定合格者。

第十四表

I <sub>B</sub>		II <sub>B</sub>		III <sub>B</sub>		IV <sub>B</sub>		V <sub>B</sub>	
t°C.	B <sup>a</sup>	t°C.	B <sup>a</sup>	t°C.	B <sup>a</sup>	t°C.	B <sup>a</sup>	t°C.	B <sup>a</sup>
15.0	3.90	15.0	11.80	15.05	14.10	15.0	20.90	15.5	22.25
21.5	3.60	20.5	11.70	20.0	13.80	20.0	20.70	20.5	21.90
30.5	3.20	28.5	11.20	35.0	13.00	25.0	20.40	27.0	21.70
39.5	2.50	38.0	10.70	42.5	12.60	35.0	19.85	38.0	21.10
48.5	2.20	44.5	10.50	55.0	12.00	46.5	19.30	49.0	20.60
66.5	1.10	56.0	9.80	66.0	11.40	54.5	18.90	58.5	20.00
72.0	0.80	69.0	8.90	72.5	11.00	60.5	18.50	86.0	18.50
80.5	0.20	80.0	8.40	80.0	10.60	72.5	17.90	—	—
—	—	—	—	—	—	83.5	17.30	—	—

## 2. 海水及各種濃度滷水之波美比重與溫度之關係式

與前述普通比重同理，波美比重與溫度間之關係，亦可作成直線之實驗式如次。

第十五表

$$B = a + bt \quad (10)$$

B : 波美比重

a 及 b : 常數

t : 測定溫度

$$I_B \quad B = 4.7718 - 0.0553t$$

$$II_B \quad B = 12.6984 - 0.0529t$$

$$III_B \quad B = 14.8610 - 0.0528t$$

$$IV_B \quad B = 21.7067 - 0.0524t$$

$$V_B \quad B = 23.0317 - 0.0515t$$

由此等實驗式算出波美比重，結果如下。

第 十 六 表

I <sub>B</sub>				II <sub>B</sub>			
t°C.	Bo	Bc	ΔB	t°C.	Bo	Bc	ΔB
15.0	3.90	3.94	+0.04	15.0	11.80	11.94	+0.14
21.5	3.60	3.58	-0.02	20.5	11.70	11.61	-0.09
30.5	3.20	3.09	-0.11	28.5	11.20	11.19	-0.01
39.5	2.50	2.59	+0.09	38.0	10.70	10.69	-0.01
48.5	2.20	2.09	+0.11	44.5	10.50	10.35	-0.05
66.5	1.10	1.10	<sup>+</sup> 0	56.0	9.80	9.74	-0.06
72.0	0.80	0.79	-0.01	69.0	8.90	9.05	+0.15
80.5	0.20	0.32	+0.12	80.0	8.40	8.47	+0.07

III <sub>B</sub>				IV <sub>B</sub>				V <sub>B</sub>			
t°C.	Bo	Bc	ΔB	t°C.	Bo	Bc	ΔB	t°C.	Bo	Bc	ΔB
15.05	14.10	14.07	-0.03	15.0	20.90	20.92	+0.02	15.5	22.25	22.23	-0.02
20.0	13.80	13.80	<sup>+</sup> 0	20.0	20.70	20.66	-0.04	20.5	21.90	21.98	-0.08
35.0	13.00	13.01	+0.01	25.0	20.40	20.40	<sup>+</sup> 0	27.0	21.70	21.64	-0.06
42.5	12.60	12.62	+0.02	35.0	19.85	19.87	+0.02	38.0	21.10	21.07	-0.03
55.0	12.00	11.97	-0.03	46.5	19.30	19.27	-0.03	49.0	20.60	20.51	-0.09
66.0	11.40	11.38	-0.02	54.5	18.90	18.85	-0.05	58.5	20.00	20.02	+0.02
72.5	11.00	11.03	+0.03	60.5	18.50	18.54	+0.04	86.0	18.50	18.60	+0.10
80.0	10.60	10.64	+0.04	72.5	17.90	17.91	+0.01				
				83.5	17.30	17.33	+0.03				

$B_0$  爲實測之波美比重。(以下同)

$B_c$  爲算出之波美比重。(以下同)

$\Delta B$  爲二者之差。

因 $\Delta B$ 極小，可知由此等關係式算出之波美比重，實用上毫無妨礙。此等關係如第六圖所示。

### 3. 波美比重與溫度關係式中之常數與濃度之關係式

茲將由第十五表關係式所得  $15^\circ\text{C}$ . 時各種濃度波美比重之計算數與 (10) 式中  $a$  之關係，表示如次。

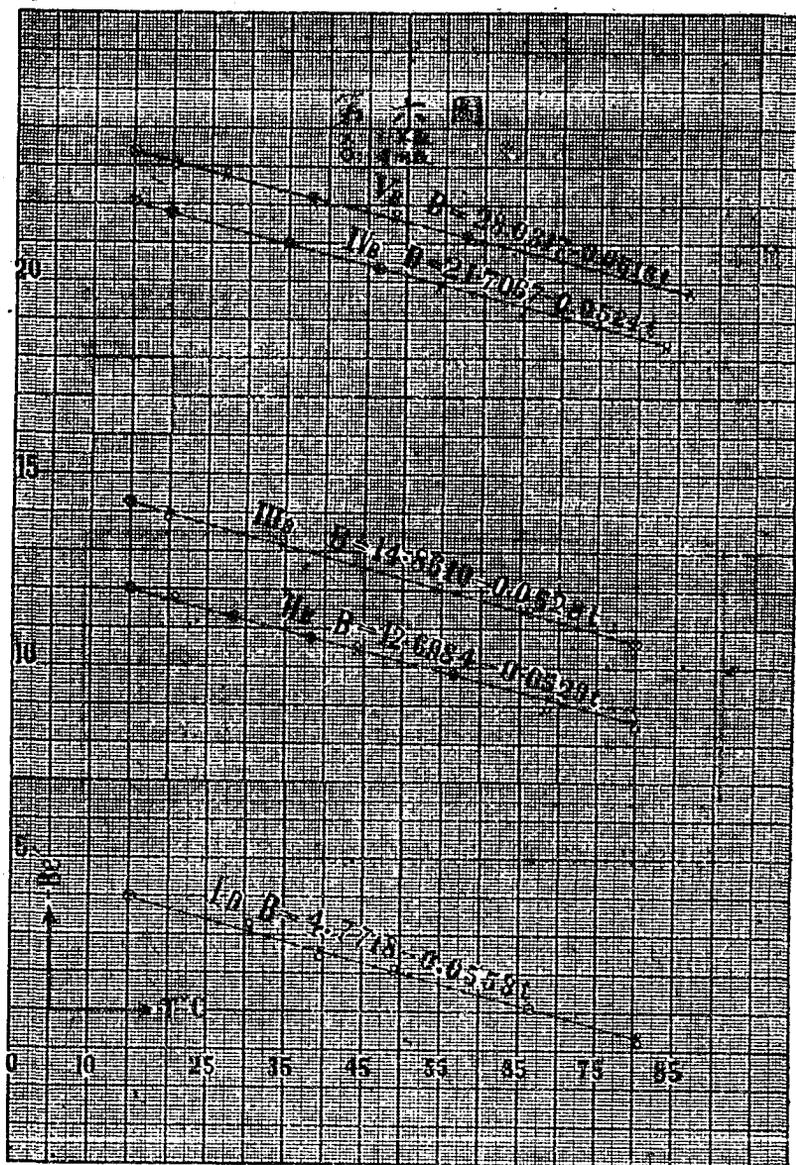
第 十 七 表

	$B_c(15^\circ\text{C}.)$	$a$
I <sub>B</sub>	3.94	4.7718
II <sub>B</sub>	11.94	12.6984
III <sub>B</sub>	14.07	14.8610
IV <sub>B</sub>	20.90	21.7067
V <sub>B</sub>	22.23	23.0317

與普通比重時同理，由此等關係求得關係式如下。

$$a = 0.7942 + 1.0000B_c \quad (11)$$

由此算出  $a$  如次。



第十八表

	a	ac	$\Delta a$
I <sub>B</sub>	4.7718	4.7344	-0.0374
II <sub>B</sub>	12.6984	12.7342	-0.0358
III <sub>B</sub>	14.8610	14.8642	+0.0032
IV <sub>B</sub>	21.7067	21.7142	-0.0075
V <sub>B</sub>	23.0317	23.0242	+0.0075

因 $\Delta a$ 極小，故(11)式可供實用。

以上關係如第七圖所示。由第十五表算出之 $a/b$ 如次。

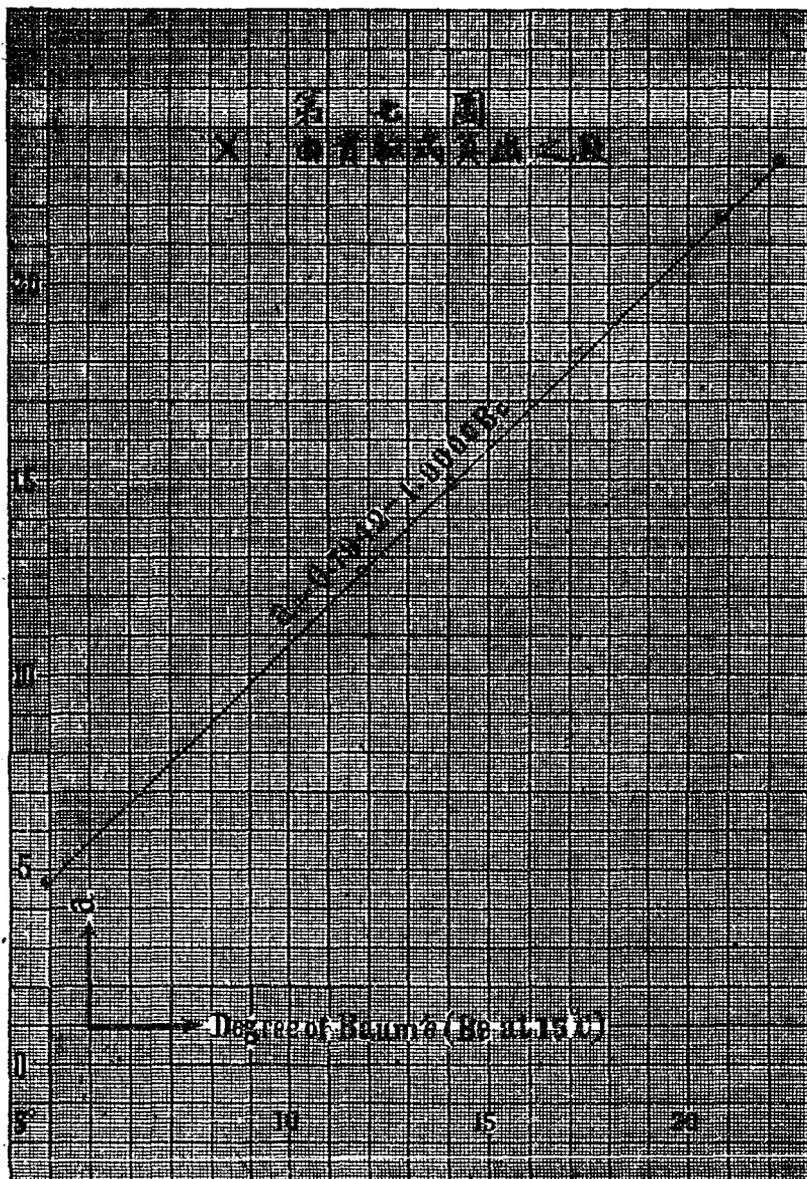
第十九表

	Bc (15°c.)	a/b
I <sub>B</sub>	3.94	-86.32
II <sub>B</sub>	11.94	-240.14
III <sub>B</sub>	14.07	-281.40
IV <sub>B</sub>	20.90	-414.33
V <sub>B</sub>	22.23	-447.04

由此等關係可算出下列之實驗式。

$$a/b = -6.199 - 19.675Bc \quad (12)$$

由上式算出 $a/b$ ，再由(11)式算出 $bc$ 如次。(參照第八圖)

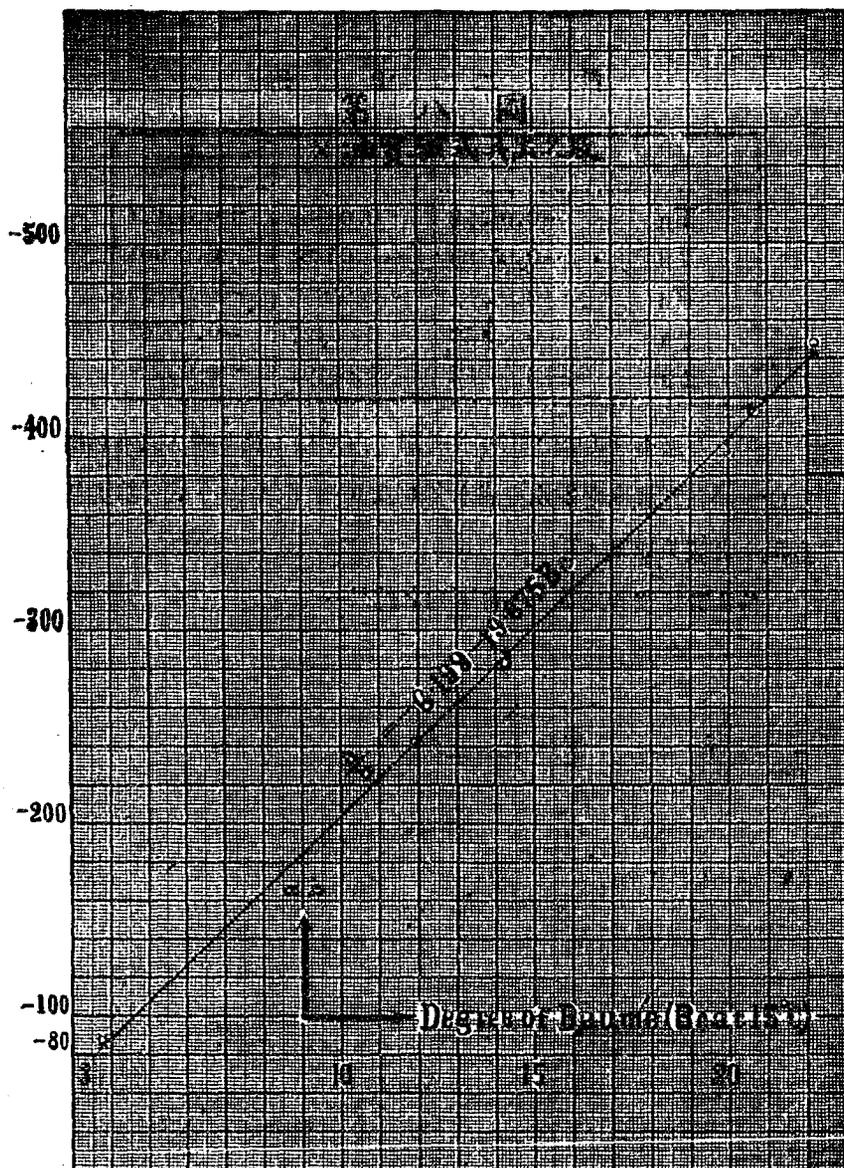


第 二 十 表

	b	bc	$\Delta b$
I <sub>B</sub>	-0.05528	-0.05655	+0.00127
II <sub>B</sub>	-0.05288	-0.05281	-0.00007
III <sub>B</sub>	-0.05281	-0.05252	-0.00029
IV <sub>B</sub>	-0.05239	-0.05197	-0.00042
V <sub>B</sub>	-0.05152	-0.05191	+0.00039

因 $\Delta b$ 極小，(12)式可供實用，由(11)及(12)式可算出15C°時任意濃度之海水或滷水之a及b，故由(10)式可算出任意溫度之波美比重。

依此計算波美比重，可得下列之結果。



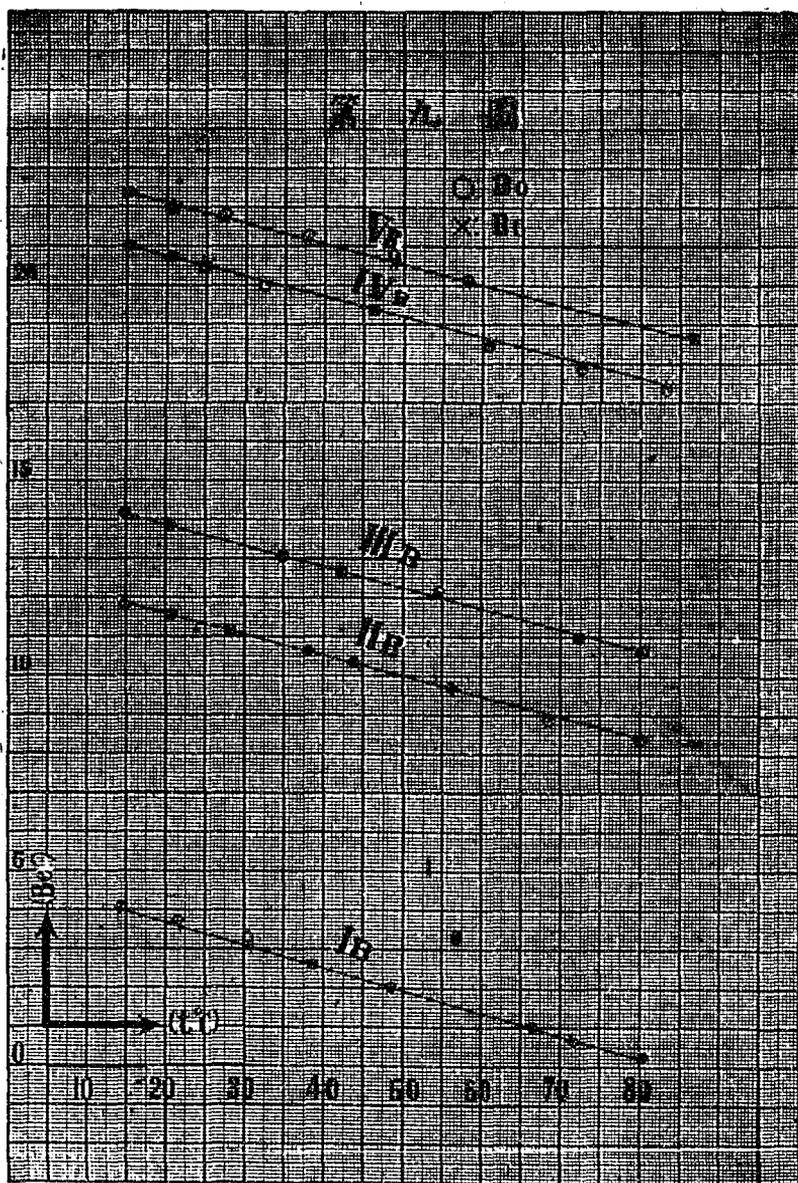
第二十一表

I <sub>B</sub>				II <sub>B</sub>				III <sub>B</sub>			
t°c.	Bo	Bc	△B	t°c.	Bo	Bc	△B	t°c.	Bo	Bc	△B
15.0	3.90	3.89	-0.01	15.0	11.80	11.94	+0.14	15.05	14.10	14.07	-0.03
21.5	3.60	3.52	-0.08	20.5	11.70	11.65	-0.05	20.0	13.80	13.81	+0.01
30.5	3.20	3.01	-0.19	28.5	11.20	11.23	+0.03	35.0	13.00	13.02	+0.02
39.5	2.50	2.50	+ 0	38.0	10.70	10.72	+0.02	42.5	12.60	12.62	+0.02
48.5	2.20	1.99	-0.21	44.5	10.50	10.38	-0.12	55.0	12.00	11.97	-0.03
66.5	1.10	0.97	-0.13	56.0	9.80	9.77	-0.03	66.0	11.40	11.39	-0.01
72.0	0.80	0.66	-0.14	69.0	8.90	9.09	+0.19	72.5	11.00	11.05	+0.05
80.5	0.20	0.18	-0.02	80.0	8.40	8.51	+0.11	80.0	10.60	10.66	+0.06

IV <sub>B</sub>				V <sub>B</sub>			
t°c.	Bo	Bc	△B	t°c.	Bo	Bc	△B
15.0	20.90	20.93	+0.03	15.5	22.25	22.22	-0.03
20.0	20.70	20.67	-0.03	20.5	21.90	21.95	+0.05
25.0	20.40	20.41	+0.01	27.0	21.70	21.62	-0.08
35.0	19.85	19.90	+0.05	38.0	21.10	21.05	-0.05
46.50	19.30	19.30	+ 0	49.0	20.60	20.48	-0.12
54.5	18.90	18.88	-0.02	58.5	20.00	19.99	-0.01
60.5	18.50	18.57	+0.07	86.0	18.50	18.56	+0.06
72.5	17.90	17.95	+0.05				
83.5	17.30	17.37	+0.07				

無論何種，△B 均極小，實用上不生何等妨礙。

此等關係如第九圖所示。要之測定 15°c. 時之波美比重，則



可由(11)及(12)式算出a及b，故由(10)式可算出任意溫度之波美比重。

4. 波美比重與溫度關係式中之常數與濃度及溫度之關係式

(11)及(12)式中之Bc. 雖為15°C. 時之比重，但在其他各溫度時，此種關係，亦可成立，故(11)式可變為

$$a = c + dB \quad (13)$$

茲將各溫度之c及d，表示如次。

第 二 十 二 表

溫度(C.)	c	d
15	0.7943	1.0000
20	1.1158	0.9964
30	1.6671	0.9946
40	2.2245	0.9926
60	3.3168	0.9895
80	4.4022	0.9864

此等關係如第十圖所示，其關係式如次。

$$c = 0.0554t - 0.0071 \quad (14)$$

$$d = 1.0013 - 0.0002t \quad (15)$$

由上記關係式算出c及d如次。

第二十三表

溫度 (C.)	C	Ce	$\Delta C$	d	de	$\Delta d$
15	0.7943	0.8233	+0.0290	1.0000	0.9983	-0.0017
20	1.1158	1.1001	-0.0157	0.9964	0.9973	+0.0009
30	1.6671	1.6537	-0.0134	0.9946	0.9953	+0.0007
40	2.2245	2.2073	-0.0172	0.9926	0.9933	+0.0007
60	3.3168	3.3145	-0.0023	0.9895	0.9893	-0.0002
80	4.4022	4.4217	+0.0195	0.9864	0.9853	-0.0011

C 及 d 爲第二十二表所列之數。

Ce 及 de 爲由 (14) 及 (15) 式算出之數。

$\Delta C$  及  $\Delta d$  爲二者之差數。

此等結果如第十圖所示， $\Delta C$  及  $\Delta d$  均小，若由 (14) 及 (15) 式算出任意溫度之 C 及 d，即得任意溫度時 (13) 式之 C 及 d，故若知該溫度之波美比重 B'，則可算出 (13) 式之 a。

同樣 (12) 式可變爲

$$a/b = C' + d'B' \quad (16)$$

茲算出各溫度之 C' 及 d' 如次。

第 二 十 四 表

溫度 (C.)	c'	d'
15	- 6.2000	-19.6748
20	-12.5229	-19.6044
30	-23.3785	-19.5679
40	-34.3473	-19.5288
60	-55.8340	-19.4677
80	-77.1865	-19.4070

此等關係如第十一圖所示，與普通比重時同樣，作成實驗式，則得次之結果。

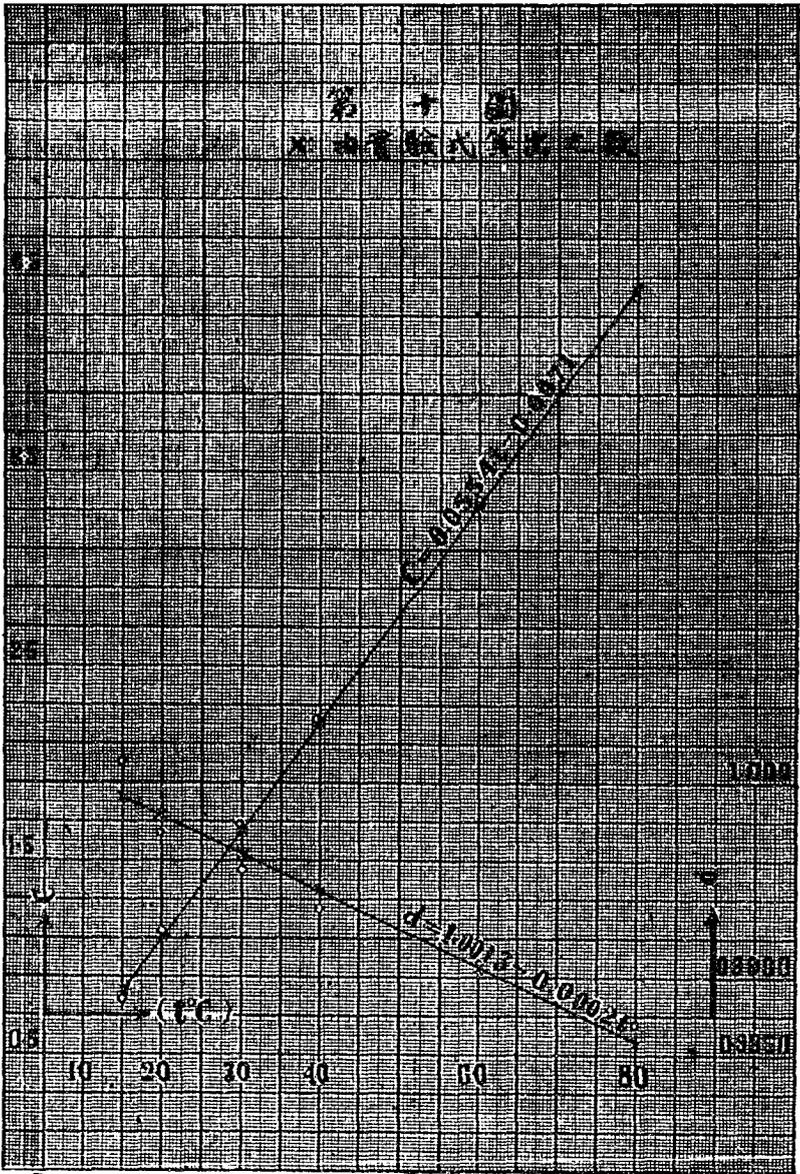
$$c' = 9.5671 - 1.0893t \quad (17)$$

$$d' = 0.0039t - 19.6993 \quad (18)$$

由此等關係式算出之 C' 及 d' 如次。

第 二 十 五 表

溫度 (C.)	C'	C'c	$\Delta C'$	d'	d'c	$\Delta d'$
15	- 6.2000	- 6.7722	+0.5722	-19.6748	-19.6408	-0.0340
20	-12.5229	-12.2189	-0.3040	-19.6044	-19.6213	+0.0169
30	-23.3785	-23.1119	-0.2666	-19.5679	-19.5823	+0.0144
40	-34.3473	-34.0044	-0.3429	-19.5288	-19.5433	+0.0145
60	-55.8340	-55.7909	-0.0431	-19.4677	-19.4653	-0.0024
80	-77.1865	-77.5769	+0.3904	-19.4070	-19.3873	-0.0197



$C'$  及  $d'$  爲第二十四表所列之數。

$C'e$  及  $d'e$  爲由 (17) 及 (18) 算出之數。

$\Delta C'$  及  $\Delta d'$  爲二者之差數。

因  $\Delta C'$  及  $\Delta d'$  均小，故由關係式算出之數，可供實用。(參照第十一圖)

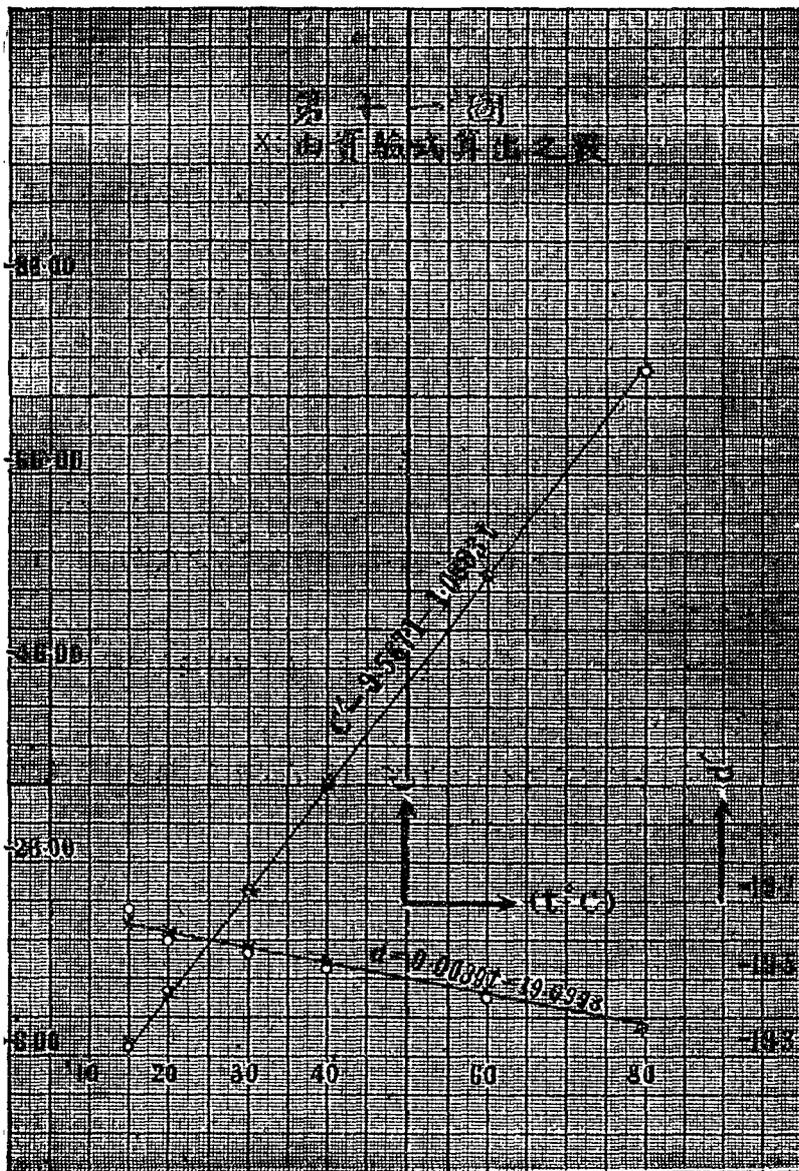
由 (17) 及 (18) 兩式可得任意溫度時 (16) 式之  $C'$  及  $d'$ ，若知該溫度之波美比重  $B'$ ，自可算出  $a/b$ ，故若預由 (13) 式知  $a$  之值，則可算出  $b$ 。

換言之，若測定某溫度時之波美比重，則可由 (14) 及 (15) 兩式得 (13) 式之  $a$ ，同樣由 (17) 及 (18) 兩式得 (16) 式之  $a/b$ ，依此可知 (10) 式中之  $a$  及  $b$ ，故可算出任意溫度之波美比重，實用上甚爲便利。

例如在室溫時測知滷水之波美比重，則可算出任意溫度之波美比重。

由上記各種關係式算出之波美比重如下表所列，與實測數無大差異，實用上並無何等妨礙。

第一圖  
X  
由實驗式算出之表



第二十六表

I <sub>B</sub>				II <sub>B</sub>				III <sub>B</sub>			
t°C.	Bo	Bc	△B	t°C.	Bo	Bc	△B	t°C.	Bo	Bc	△B
15.0	3.90	4.02	+0.12	15.0	11.80	11.94	+0.14	15.05	14.10	14.07	-0.03
21.5	3.60	3.65	+0.05	20.5	11.70	11.65	-0.05	20.0	13.80	13.81	+0.01
30.5	3.20	3.15	-0.05	28.5	11.20	11.22	+0.02	35.0	13.00	13.02	+0.02
39.5	2.50	2.64	+0.14	38.0	10.70	11.72	+0.02	42.5	12.60	12.62	+0.02
48.5	2.20	2.13	-0.07	44.5	10.50	10.38	-0.12	55.0	12.00	11.97	-0.03
66.5	1.10	1.12	+0.02	56.0	9.80	9.77	-0.03	66.0	11.40	11.39	-0.01
72.0	0.80	0.81	+0.01	69.0	8.90	9.09	+0.19	72.5	11.00	11.05	+0.05
80.5	0.20	0.33	+0.13	80.0	8.40	8.50	+0.10	80.0	10.60	10.66	+0.06

IV <sub>B</sub>				V <sub>B</sub>			
t°C.	Bo	Bc	△B	t°C.	Bo	Bc	△B
15.0	20.90	20.89	-0.01	15.5	22.25	22.26	+0.01
20.0	20.70	20.63	-0.07	20.5	21.90	22.00	+0.10
25.0	20.40	20.73	+0.03	27.0	21.70	21.66	-0.04
35.0	19.85	19.85	+0	38.0	21.00	21.09	+0.09
46.5	19.30	19.25	-0.05	49.0	20.60	20.52	-0.08
54.5	18.90	18.83	-0.07	58.5	20.00	20.03	+0.03
60.5	18.50	18.52	+0.02	86.0	18.50	18.60	+0.10
72.5	17.90	17.90	+0				
83.5	17.30	17.33	+0.03				

## (五) 結 論

A.

1. 實際測定海水及各種濃度滷水在各溫度 (15°~80°C.) 下之比重。
2. 由測定結果，作成海水及各種濃度滷水之比重與溫度之關係式。
3. 作成比重與溫度關係式中之常數與濃度之關係式。
4. 作成比重與溫度關係式中之常數與濃度及溫度之關係式。

$$\text{由 (5) } c = 0.000334t' - 0.000113$$

$$(6) d = 1.000040 + 0.000088t'$$

可知任意溫度  $t'^{\circ}\text{C}$  時之  $c$  及  $d$ ，亦即知

$$(4) a = c + dS'$$

中之  $c$  及  $d$ ，故若測定  $t'^{\circ}\text{C}$  時之比重  $S'$ ，則直可算出  $a$ ，同樣由

$$(8) c' = -614.450 - 0.5964t'$$

$$(9) d' = -1781.397 - 0.1552t'$$

可知任意溫度  $t'^{\circ}\text{C}$  時之  $c'$  及  $d'$ ，亦即知

$$(7) a/b = c' + d'S'$$

式中之  $c'$  及  $d'$ ，故若測定  $t'^{\circ}\text{C}$  時之比重  $S'$ ，則可由(7)及(4)式將  $b$  算出。

如此既知 (1)  $S = a + bt$

式中之  $a$  及  $b$ ，則可算出任意溫度  $t^{\circ}\text{C}$  時之比重  $S$ 。

換言之，即由任意溫度測定之比重，依種種關係式，可直接算出所要溫度之比重，在實用上不生何等影響。

B.

1. 實際測定海水及各種濃度滷水在各溫度（ $15^{\circ}\sim 80^{\circ}\text{C}.$ ）下之波美比重。
2. 作成海水及各種濃度滷水之波美比重與溫度之關係式。
3. 作成波美比重與溫度關係式中之常數與濃度之關係式。
4. 作成波美比重與溫度關係式中之常數與濃度及溫度之關係式。

即由 (14)  $c = 0.0554t' - 0.0071$

(15)  $d = 1.0018 - 0.0002t'$

可知測定溫度  $t'^{\circ}\text{C}.$  時之  $c$  及  $d$ ，故若知

(13)  $a = c + dB'$

中  $t'^{\circ}\text{C}.$  時之波美比重  $B'$ ，則直可算出  $a$ ，同樣由

(17)  $c' = 9.5671 - 1.0893t'$

(18)  $d' = 0.0039t' - 19.6993$

可知  $t'^{\circ}\text{C}.$  時之  $c'$  及  $d'$ ，故若知

(16)  $a/b = c' + d'B'$

中測定溫度  $t'^{\circ}\text{C}.$  之波美比重  $B'$ ，則可由 (16) 及 (13) 式將  $b$  算出。

既知 (10)  $B = a + bt$

式中之  $a$  及  $b$ ，自可算出任意溫度  $t^{\circ}\text{C}.$  時之波美比重  $B$ 。

換言之，即由任意溫度測定之波美比重，可依各種關係式，

---

算出其他任意溫度時之波美比重，實用上非常便利。

# 海水及滷水中鎂鹽類之含有量

資料來源 日本專賣局中央研究所研究報告44號

(一九三三年三月份)

鈴木 寬 著

張 耀 如 譯

## (一) 緒 言

關於日本唯一製鹽原料之海水及滷水中鎂鹽類之含有量，已往雖在常溫下經過試驗，但在高溫則無精密之研究。故著者此次就各種濃度之滷水，在各種溫度下，測定鎂鹽類之含有量，作成實驗式，更由此實驗式算出 $15^{\circ}\text{C}$ 時海水及各種濃度滷水中鎂鹽類之含有量，提供參考。

## (二) 各溫度下海水及滷水中鎂鹽類含有量之測定

### 1. 試 樣

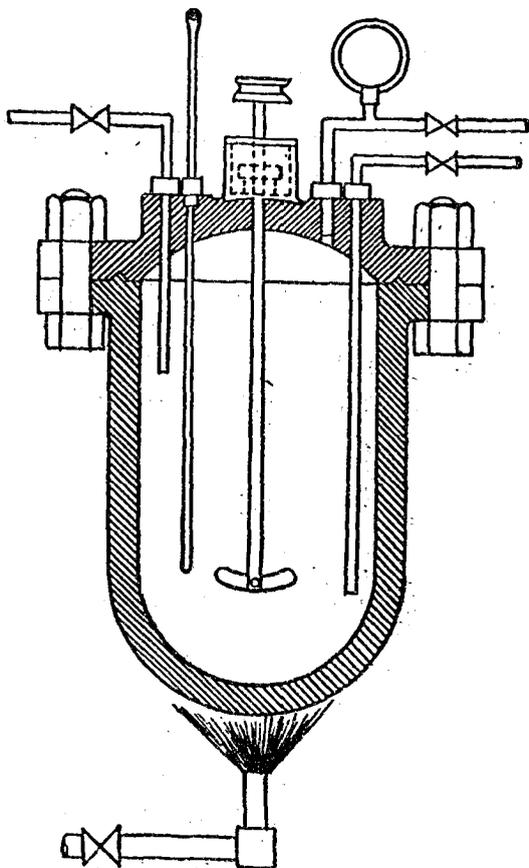
採取廣島縣尾道市港外木原沖之海水，蒸發濃縮，作成種種濃度之滷水，以供試驗。

### 2. 測定法

在 $15^{\circ}\text{C}$ . 測定時，係將上述試樣，用普通方法，檢定鎂量。若於 $150^{\circ}\text{C}$ . 以上測定時，則用第一圖所示之高壓鍋，攪拌三小時以上後，將鍋中之滷水，以特製之玻璃過濾器，除去沉降物，由冷

却管冷却後，再行分析。

第一圖



3. 測定結果

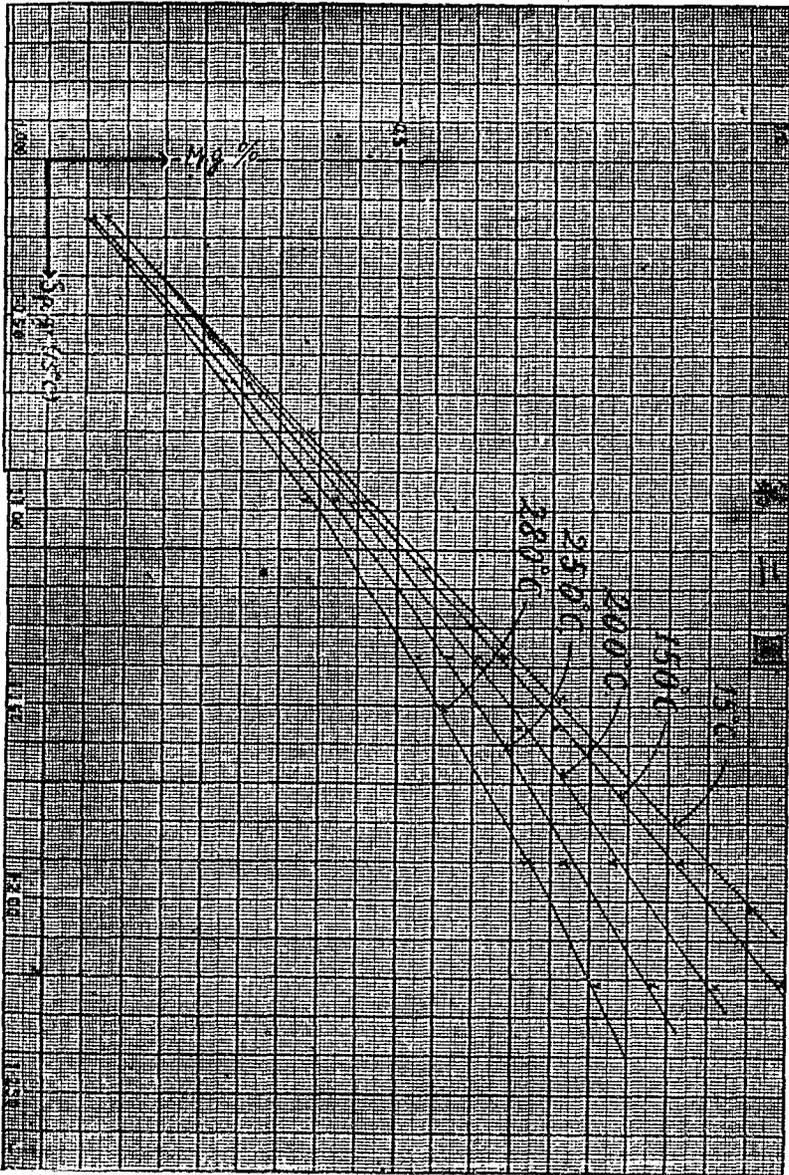
測定結果如次。

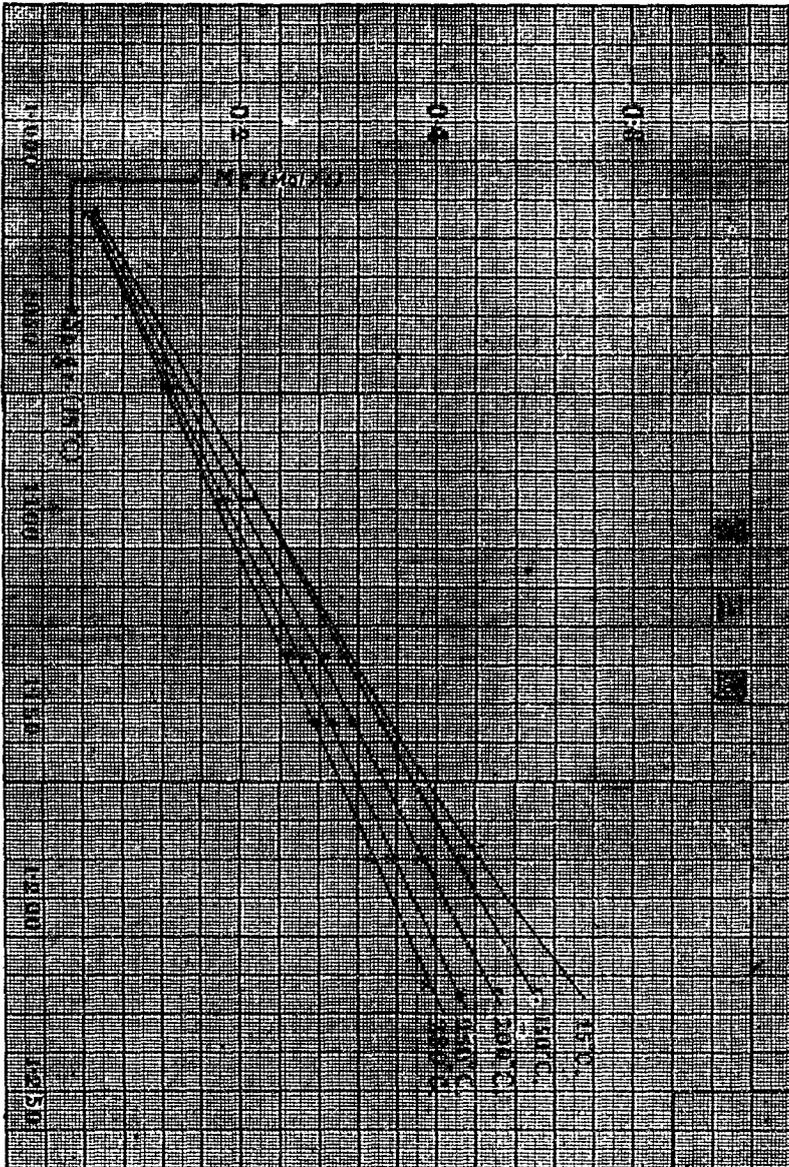
第 一 表

Sp. gr. (15°C/4°C)	Mg (%)	Cl : Mg	log Cl/Mg
15°C.			
1.0248	0.123	100 : 6.618	1.1793
1.0359	0.178	" : 6.674	1.1756
1.0562	0.270	" : 6.565	1.1828
1.0795	0.383	" : 6.657	1.1767
1.1147	0.545	" : 6.556	1.1834
1.1467	0.710	" : 6.679	1.1763
1.2018	0.966	" : 6.719	1.1727
150°C.			
1.025	0.126	100 : 6.713	1.1731
1.067	0.316	" : 6.713	1.1731
1.096	0.456	" : 6.495	1.1874
1.138	0.642	" : 6.412	1.1930
1.155	0.707	" : 6.350	1.1972
1.190	0.864	" : 6.465	1.1894
1.223	1.001	" : 6.261	1.2034
200°C.			
1.025	0.125	100 : 6.660	1.1765
1.067	0.316	" : 6.505	1.1868
1.096	0.442	" : 6.237	1.2050
1.138	0.608	" : 6.070	1.2168
1.155	0.659	" : 5.922	1.2275
1.190	0.781	" : 5.843	1.2334
1.223	0.926	" : 5.790	1.2373

250°C.			
1.025	0.107	100 : 5.915	1.2281
1.067	0.296	" : 5.907	1.2286
1.096	0.414	" : 5.851	1.2328
1.138	0.583	" : 5.816	1.2354
1.155	0.617	" : 5.541	1.2564
1.190	0.714	" : 5.346	1.2720
1.223	0.837	" : 5.238	1.2808
280°C.			
1.025	0.103	100 : 5.800	1.2366
1.067	0.287	" : 5.720	1.2426
1.096	0.383	" : 5.412	1.2666
1.138	0.530	" : 5.290	1.2765
1.155	0.573	" : 5.152	1.2880
1.190	0.669	" : 5.006	1.3005
1.223	0.772	" : 4.829	1.3161

上列結果，如第二圖及第三圖所示，無論在何種溫度，只要濃度增加，鎂之含量即隨之增加。但如溫度升高，則增加量漸次減少。





海水及各種濃度之滷水，如第五圖所示，溫度升高時，鎂鹽之溶解度漸次減少，濃度愈大，愈為顯著。故於高溫濃縮海水或滷水之際，鎂鹽類析出較多，此時生成鍋垢，至為明顯。

#### 4. 實驗式

如第二圖所示，比重與百分率之關係，在 15°C. 時，略成直線，其餘則為曲線，而第三圖所示比重與 mol/l 之關係，則在 15°C. 時為曲線，其餘近似直線，故就 15°C. 時比重與百分率之關係，15°C. 以外時比重與 mol/l 之關係，分別作成直線之實驗式，可得下列結果，但均係依平均法作成。

15°C.

$$\text{Mg} (\%) \quad \text{—} 4.7679S \text{—} 4.7687 \quad (1)$$

150°C.

$$\text{Mg} (\text{mol/l}) \quad \text{—} 2.2473S \text{—} 2.2535 \quad (2)$$

200°C.

$$\text{Mg} (\text{mol/l}) \quad \text{—} 2.0508S \text{—} 2.0503 \quad (3)$$

250°C.

$$\text{Mg} (\text{mol/l}) \quad \text{—} 1.8995S \text{—} 1.8994 \quad (4)$$

280°C.

$$\text{Mg} (\text{mol/l}) \quad \text{—} 1.7450S \text{—} 1.7426 \quad (5)$$

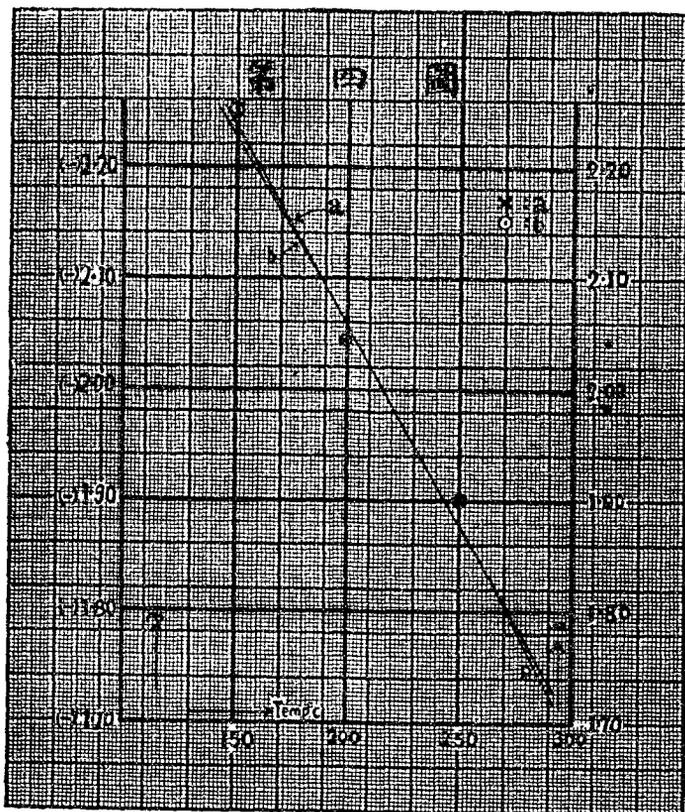
茲將由此等實驗式算出之 Mg(c) 與實測之 Mg(o)，列表比較如次。至鎂鹽類未達析出時（即較低溫度時），後再敘述，以下記載者，係以 150°C. 以上為限。

第 二 表

比重 (15°C/4°C)	Mg(O)	Mg(C)	$\Delta Mg$
150°C.			
1.025	0.053	0.050	+0.003
1.067	0.139	0.144	-0.005
1.096	0.206	0.210	-0.004
1.138	0.301	0.304	-0.003
1.155	0.341	0.342	-0.001
1.190	0.423	0.421	+0.002
1.223	0.503	0.495	+0.008
			$\frac{M \Delta Mg}{7} = 0.0037$
200°C.			
1.025	0.053	0.052	+0.001
1.067	0.139	0.138	+0.001
1.096	0.199	0.197	+0.002
1.138	0.285	0.284	+0.001
1.155	0.313	0.318	-0.005
1.190	0.382	0.390	-0.008
1.223	0.466	0.458	+0.008
			$\frac{M \Delta Mg}{7} = 0.0037$

250°C.			
1.025	0.045	0.048	-0.003
1.067	0.130	0.127	+0.003
1.096	0.187	0.182	+0.005
1.138	0.273	0.262	+0.011
1.155	0.293	0.295	-0.002
1.190	0.350	0.361	-0.011
1.223	0.421	0.424	-0.003
			$\frac{M \Delta Mg}{7} = 0.0054$
280°C.			
1.025	0.043	0.046	-0.003
1.067	0.126	0.119	+0.007
1.096	0.173	0.170	+0.003
1.138	0.248	0.243	+0.005
1.155	0.272	0.273	-0.001
1.190	0.327	0.334	-0.007
1.223	0.388	0.392	-0.004
			$\frac{M \Delta Mg}{7} = 0.0043$

由上列結果，可知平均誤差極小，故此等實驗式  $y = a + bx$  中之  $a$  及  $b$ ，如下表所示。



第 三 表

溫度(C)	a	b
150	-2.2535	2.2473
200	-2.0503	2.0508
250	-1.8994	1.8995
280	-1.7426	1.7450

此等關係，如第四圖所示，略成直線，故依平均法可作成實驗式如下。

$$a = -2.7953 + 3677 \times 10^{-6} \times t \quad (6)$$

$$b = 2.7845 - 3631 \times 10^{-6} \times t \quad (7)$$

t : 溫度 (c)

茲將由 (6) 及 (7) 式算出之 a (ac) 及 b (bc)，與第三表中之 a (a0) 及 b (b0) 列表比較如下。

第 四 表

溫度 (c)	a0	ac	△a	b0	bc	△b
150	-2.2535	-2.2438	+0.0097	2.2473	2.2398	+0.0075
200	-2.0503	-2.0600	-0.0097	2.0508	2.0583	-0.0075
250	-1.8994	-1.8761	+0.0233	1.8995	1.8769	+0.0228
280	-1.7426	-1.7658	-0.0232	1.7450	1.7678	-0.0228
			$\frac{\sum \Delta a}{4} = 0.0165$			$\frac{\sum \Delta b}{4} = 0.0152$

因平均誤差極小，故若使用此時所得之計算數  $ac$  及  $bc$ ，則前記之 (2)，(3)，(4) 及 (5) 式如次。

150°C.

$$\text{Mg}(\text{mol/l}) = 2.2398S - 2.2438 \quad (2')$$

200°C.

$$\text{Mg}(\text{mol/l}) = 2.0588S - 2.0600 \quad (3')$$

250°C.

$$\text{Mg}(\text{mol/l}) = 1.8767S - 1.8761 \quad (4')$$

280°C.

$$\text{Mg}(\text{mol/l}) = 1.7678S - 1.7658 \quad (5')$$

由此等實驗式算出各濃度之鎂含有量 ( $M_{gc}$ )，與實測數 ( $M_{go}$ ) 比較，則如次表。

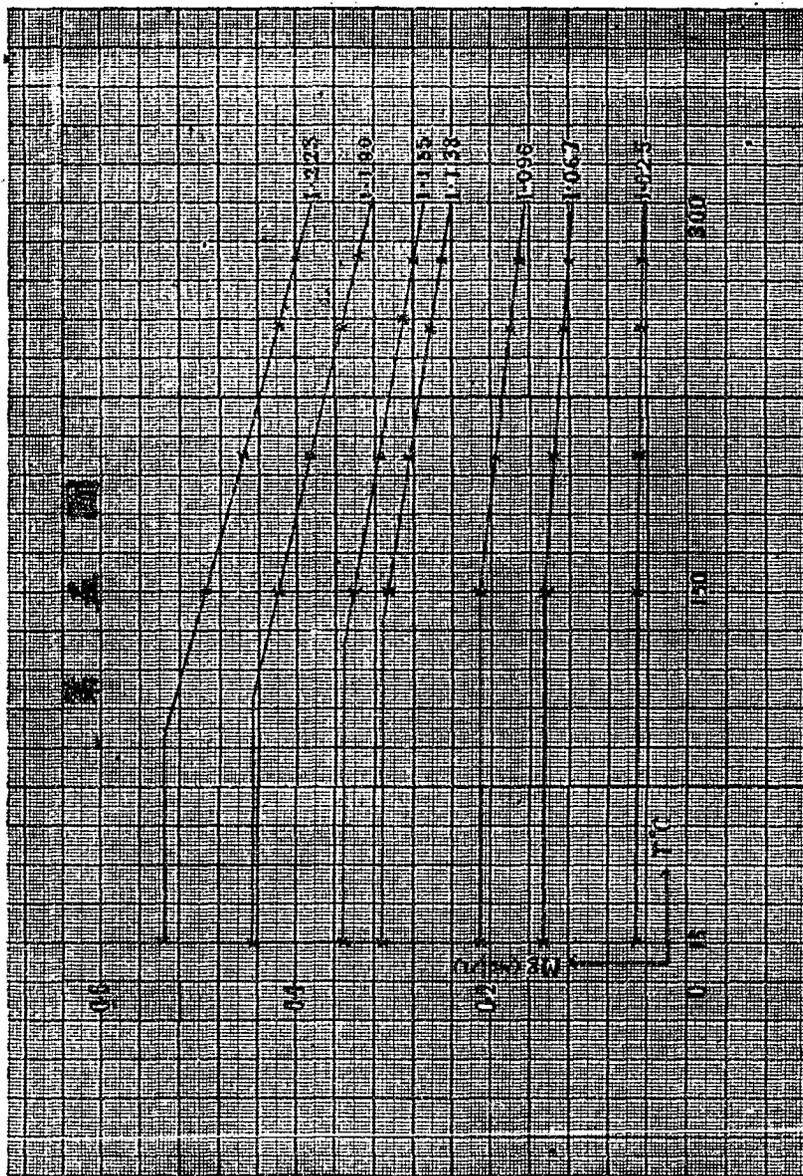
第 五 表

比 重 (15°C./4°C.)	Mg(O)	Mg(C)	$\Delta$ Mg
150°C.			
1.025	0.053	0.052	+0.001
1.067	0.139	0.146	-0.007
1.096	0.206	0.211	-0.005
1.138	0.301	0.305	-0.004
1.155	0.341	0.343	-0.002
1.190	0.423	0.422	+0.001
1.223	0.503	0.495	+0.008
			$\Sigma \Delta \text{Mg} = 0.0040$
			7

200°C.			
1.025	0.053	0.050	+0.003
1.067	0.139	0.136	+0.003
1.096	0.199	0.196	+0.003
1.138	0.285	0.282	+0.003
1.155	0.313	0.317	-0.004
1.190	0.382	0.389	-0.007
1.223	0.466	0.457	+0.009
			$\frac{M \Delta Mg}{7} = 0.0046$
250°C.			
1.025	0.045	0.048	-0.003
1.067	0.130	0.126	+0.004
1.096	0.187	0.181	+0.006
1.138	0.273	0.260	+0.013
1.155	0.293	0.291	+0.002
1.190	0.350	0.357	-0.007
1.223	0.421	0.419	+0.002
			$\frac{M \Delta Mg}{7} = 0.0053$
280°C.			
1.025	0.043	0.046	-0.003
1.067	0.126	0.120	+0.006
1.096	0.173	0.172	+0.001
1.138	0.248	0.246	+0.002
1.155	0.272	0.276	-0.004
1.190	0.327	0.338	-0.011
1.223	0.388	0.396	+0.008
			$\frac{M \Delta Mg}{7} = 0.0050$

因平均誤差極小，實用上並無妨礙，故由(6)及(7)式得任意溫度之  $a$  及  $b$ ，則可算出任意溫度下任意比重之海水及滷水中鎂之含有量 (mol/l)。

依上列計算數，將各種濃度滷水中鎂之含有量與溫度之關係，以圖示之，則如第五圖，在濃厚滷水（即殆近飽和之滷水）時，於  $100^{\circ}\text{C}$ . 附近鎂鹽即可生成沉澱，若濃度較低之滷水，則須更高溫度，始能沉澱，故在  $100^{\circ}\text{C}$ . 以下，可以  $15^{\circ}\text{C}$ . 時之實驗式表示，在  $100^{\circ}\text{C}$ . 以上乃至鎂鹽類析出之間，則可適用由(6)及(7)式作成之實驗式。



## (三) 15°C. 海水及各種濃度滷水中鎂鹽類之含有量。

如前所述，在 100°C. 以下時，鎂鹽類在食鹽飽和以下之濃度，不能析出，故由 (1) 式可算出海水及各種濃度滷水中鎂之含有量 (%)。茲將此時之計算數 (Mgc) 與實測數 (Mgo)，列表比較如次。

第 六 表

比重 (15°C./4°C.)	Mgo	Mgc	△Mg
1.0248	0.123	0.122	+0.001
1.0359	0.178	0.176	+0.002
1.0562	0.270	0.272	-0.002
1.0795	0.383	0.383	± 0
1.1147	0.545	0.551	-0.006
1.1467	0.710	0.704	+0.006
1.2018	0.966	0.966	+ 0
			$\frac{\sum \Delta Mg}{7} = 0.0026$

本實驗式之平均誤差  $\pm 0.0026$ ，為數極小，實用上並無何等妨礙，故可適用。

應用本實驗式，算出各種濃度滷水中鎂之含有量 (Mg%)，得下表所列之結果。

第七表

比重 (15°C./4°C.)	Be'	Mg (%)
1.0250	3.52	0.123
1.0260	3.66	0.128
1.0270	3.79	0.133
1.0280	3.93	0.138
1.0290	4.07	0.142
1.0300	4.20	0.147
1.0310	4.34	0.152
1.0320	4.47	0.157
1.0330	4.61	0.162
1.0340	4.74	0.166
1.0350	4.88	0.171
1.0360	5.01	0.176
1.0370	5.15	0.181
1.0380	5.28	0.185
1.0390	5.42	0.190
1.0400	5.55	0.195
1.0410	5.68	0.200
1.0420	5.82	0.204
1.0430	5.95	0.209
1.0440	6.08	0.214
1.0450	6.21	0.219
1.0460	6.35	0.224
1.0470	6.48	0.228
1.0480	6.61	0.233
1.0490	6.74	0.238
1.0500	6.87	0.243

轉下頁

比重(15°C./4°C.)	Be'	Mg (%)
1.0510	7.00	0.247
1.0520	7.13	0.252
1.0530	7.26	0.257
1.0540	7.39	0.262
1.0550	7.52	0.266
1.0560	7.65	0.271
1.0570	7.78	0.276
1.0580	7.91	0.281
1.0590	8.04	0.286
1.0600	8.17	0.290
1.0610	8.30	0.295
1.0620	8.42	0.300
1.0630	8.55	0.305
1.0640	8.68	0.309
1.0650	8.81	0.314
1.0660	8.93	0.319
1.0670	9.06	0.324
1.0680	9.19	0.328
1.0690	9.31	0.333
1.0700	9.44	0.338
1.0710	9.57	0.343
1.0720	9.69	0.347
1.0730	9.82	0.352
1.0740	9.94	0.357
1.0750	10.07	3.362
1.0760	10.19	0.367

轉下頁

比重 (15°c./4°c.)	Bo'	Mg (%)
1.0770	10.32	0.371
1.0780	10.44	0.376
1.0790	10.57	0.381
1.0800	10.69	0.386
1.0810	10.81	0.390
1.0820	10.94	0.395
1.0830	11.06	0.400
1.0840	11.18	0.405
1.0850	11.30	0.409
1.0860	11.43	0.414
1.0870	11.55	0.419
1.0880	11.67	0.424
1.0890	11.79	0.429
1.0900	11.91	0.433
1.0910	12.04	0.438
1.0920	12.16	0.443
1.0930	12.28	0.448
1.0940	12.40	0.452
1.0950	12.52	0.457
1.0960	12.64	0.462
1.0970	12.76	0.467
1.0980	12.88	0.471
1.0990	13.00	0.476
1.1000	13.12	0.481
1.1010	13.24	0.486
1.1020	13.36	0.491

比重(15°C./4°C.)	Be'	Mg (%)
1.1030	13.47	0.495
1.1040	13.59	0.500
1.1050	13.71	0.505
1.1060	13.83	0.510
1.1070	13.95	0.514
1.1080	14.07	0.519
1.1090	14.18	0.524
1.1100	14.30	0.529
1.1110	14.42	0.533
1.1120	14.53	0.538
1.1130	14.65	0.543
1.1140	14.77	0.548
1.1150	14.88	0.553
1.1160	15.00	0.557
1.1170	15.11	0.562
1.1180	15.23	0.567
1.1190	15.35	0.572
1.1200	15.46	0.576
1.1210	15.58	0.581
1.1220	15.69	0.586
1.1230	15.80	0.591
1.1240	15.92	0.595
1.1250	16.03	0.600
1.1260	16.15	0.605
1.1270	16.26	0.610
1.1280	16.37	0.614

轉下頁

比重 (15°C. /4°C )	Be'	Mg (%)
1.1290	16.49	0.619
1.1300	16.60	0.624
1.1310	16.71	0.629
1.1320	16.83	0.634
1.1330	16.94	0.638
1.1340	17.05	0.643
1.1350	17.16	0.648
1.1360	17.28	0.653
1.1370	17.39	0.657
1.1380	17.50	0.662
1.1390	17.61	0.667
1.1400	17.72	0.672
1.1410	17.83	0.676
1.1420	17.94	0.681
1.1430	18.05	0.686
1.1440	18.16	0.691
1.1450	18.27	0.696
1.1460	18.38	0.700
1.1470	18.49	0.705
1.1480	18.60	0.710
1.1490	18.71	0.715
1.1500	18.82	0.719
1.1510	18.93	0.724
1.1520	19.04	0.729
1.1530	19.15	0.734
1.1540	19.26	0.738

轉下頁

比重(15°C./4°C.)	Be'	Mg (%)
1.1550	19.36	0.743
1.1560	19.47	0.748
1.1570	19.58	0.753
1.1580	19.69	0.758
1.1590	19.80	0.762
1.1600	19.90	0.767
1.1610	20.01	0.772
1.1620	20.12	0.777
1.1630	20.22	0.781
1.1640	20.33	0.786
1.1650	20.44	0.791
1.1660	20.54	0.796
1.1670	20.65	0.800
1.1680	20.76	0.805
1.1690	20.86	0.810
1.1700	20.97	0.815
1.1710	21.07	0.820
1.1720	21.18	0.824
1.1730	21.28	0.829
1.1740	21.39	0.834
1.1750	21.49	0.839
1.1760	21.60	0.843
1.1770	21.70	0.848
1.1780	21.80	0.853
1.1790	21.91	0.858
1.1800	22.01	0.862

轉下頁

比重 (15°C./4°C.)	Be'	Mg (%)
1.1810	22.12	0.867
1.1820	22.22	0.872
1.1830	22.32	0.877
1.1840	22.43	0.881
1.1850	22.53	0.886
1.1860	22.63	0.891
1.1870	22.73	0.896
1.1880	22.84	0.901
1.1890	22.94	0.905
1.1900	23.04	0.910
1.1910	23.14	0.915
1.1920	23.24	0.920
1.1930	23.34	0.924
1.1940	23.45	0.929
1.1950	23.55	0.934
1.1960	23.65	0.939
1.1970	23.75	0.943
1.1980	23.85	0.948
1.1990	23.95	0.953
1.2000	24.05	0.958
1.2010	24.15	0.963
1.2020	24.25	0.967
1.2030	24.35	0.972
1.2040	24.45	0.977
1.2050	24.55	0.982
1.2060	24.65	0.986

轉下頁

比重 (15°C./4°C.)	Be'	Mg (%)
1.2070	24.75	0.991
1.2080	24.85	0.996
1.2090	24.95	1.001
1.2100	25.04	1.005
1.2110	25.14	1.010
1.2120	25.24	1.015
1.2130	25.34	1.020
1.2140	25.44	1.025
1.2150	25.53	1.029
1.2160	25.63	1.034
1.2170	25.73	1.039
1.2180	25.83	1.044
1.2190	25.92	1.048
1.2200	26.02	1.053
1.2210	26.12	1.058
1.2220	26.21	1.063
1.2230	26.31	1.067
1.2240	26.41	1.072
1.2250	26.50	1.077
1.2260	26.60	1.082
1.2270	26.70	1.087
1.2280	26.79	1.091
1.2290	26.89	1.096

#### (四) 結 論

由以上研究，得次之結果。

(1) 測定海水及各種濃度滷水在各溫度下鎂之含有量，得知在一定

溫度時，濃度增高，含有量逐漸增加，但溫度增高，增加量則形減少。又各種濃度之滷水，溫度增高，鎂之含有量漸次減少，其濃度愈高，愈為顯著。

- (2) 作成  $100^{\circ}\text{C}$ . 以下時鎂鹽含有量之實驗式，得

$$\text{Mg} (\%) = 4.7679S - 4.7637 \quad (1)$$

式，平均誤差為  $\pm 0.0026$ 。

- (3) 在較高溫度(鎂鹽類析出溫度以上之溫度)時鎂之含有量，可以

$$\text{Mg} (\text{mol/l}) = a + bS$$

式表示，各溫度下之  $a$  及  $b$ ，則可以次式表示。

$$a = -2.7953 + 3677 \times 10^{-6} \times t \quad (6)$$

$$b = 2.7845 - 3631 \times 10^{-6} \times t \quad (7)$$

- (4) 由(1)式算出  $15^{\circ}\text{C}$ . 各種濃度滷水中鎂之含有量，得第七表之結果。



# 海水之新利用法

資料來源 電氣化學三卷二號  
(一九三五年三月份)

鈴木寬著

張耀如譯

## 梗概

1. 利用濃縮法，研究海水中化學成分之分布狀況，並因之發現數種稀有元素之存在。
2. 闡明由海水或滷水所生鍋垢 (Boiler scale) 之組成成分。
3. 觀察鍋垢之生成程序，以決定預防之原則。
4. 完成應用草酸鈉防止鍋垢生成之法，並利用碳酸鈉使草酸鈉復原。
5. 經用本法處理後之海水或滷水，可直接供高壓鍋爐之用，其結果可使海水之利用工業，臻於合理。

## 緒言

日本之製鹽條件，至為惡劣，而原料除海水外，又無岩鹽，鹹湖等。故為達成製鹽目的，應先對此唯一原料——海水——徹底了解後，再謀適宜之濃縮製鹽方法。

## 海水之組成

構成海水之元素，已經研究明瞭者，約達 33 種。茲依分析

上之分類，將各屬元素列舉如次。

銀 屬	銀 (Ag) 及鉛 (Pb)
銅及錫屬	砷 (As), 銅 (Cu) 及金 (Au)
鋁及鐵屬	鋁 (Al), 鐵 (Fe), 錳 (Mn), 鎳 (Ni), 鈷 (Co) 及鋅 (Zn)
鹼土金屬	鋇 (Ba), 銣 (Sr), 鈣 (Ca) 及鎂 (Mg)
鹼 金 屬	鈉 (Na), 鉀 (K), 鋰 (Li), 銫 (Cs) 及銣 (Rb)
鹵 素 屬	氯 (Cl), 溴 (Br), 氟 (F) 及碘 (I)
其 他	氫 (H), 氧 (O), 碳 (C), 硫 (S), 氮 (N), 磷 (P), 硼 (B), 矽 (Si) 及鐳 (Ra)

日本沿岸海水之濃度，與各國大略相同，海水中含有固形物之總量約為 3.5% 內外。蒂特瑪氏 (Dittmar) 曾取七十七處之海水，實行分析研究。茲將其平均組成與日本海水列表比較如次。

## 海水平均組成

	固形物中 (%)		海水中 (%)		日本海水 (%)
Cl <sup>-</sup>	55.292	CaCO <sub>3</sub> 0.345	CaCO <sub>3</sub> 0.012		
Br <sup>-</sup>	0.188	CaSO <sub>4</sub> 3.598	CaSO <sub>4</sub> 0.129	0.119	
SO <sub>4</sub> <sup>---</sup>	7.692	MgSO <sub>4</sub> 6.458	MgSO <sub>4</sub> 0.231	0.229	
CO <sub>3</sub> <sup>---</sup>	0.207	MgBr <sub>2</sub> 0.217	MgBr <sub>2</sub> 0.008	.....	
Na <sup>+</sup>	30.593	MgCl <sub>2</sub> 9.363	MgCl <sub>2</sub> 0.335	0.329	
K <sup>+</sup>	1.106	NaCl 77.759	NaCl 2.783	2.522	
Ca <sup>++</sup>	1.197	KCl 2.109	KCl 0.075	0.065	
Mg <sup>++</sup>	3.725				

由上表可知，海水中各種固形物之含有量，大有差異，表列各物，均係易於檢出者，其含量極微者，則未經列入。但此項微量成分之分析研究，甚為重要。故著者曾試以濃縮法及吸着法，加以實驗，結果尚佳。濃縮法係將海水濃縮至種種濃度，分離其中析出之物質，可使海水中之含有物，較為濃厚。吸着法係利用吸着作用，集合捕集海水中之微量物質，此種方法，頗饒興趣，其結果將於異日發表，茲述濃縮法之研究結果如次。

海水中之有機物，大都存於最初之析出物中，重金屬之大部分，亦存於最初之析出物中，其他一小部分，則殘留於苦滷。在此項實驗中，並發現海水中尚含有稀土金屬，釩(V)，鈦(Ti)，鋯(Zr)等迄未經他人檢出之數種元素。鹼土金屬雖在食鹽未析出

之前，即行析出，但鏽則存於苦滷中。鹼金屬則至最後亦有殘餘。

### 海水中食鹽之利用

普通海水中僅含有 2.5% 左右之食鹽，故由海水中採取食鹽，必須蒸發除去 96% 左右之水分。蒸發此項大量水分，若直接應用燃料，費用太大，不合經濟原則。故應利用無代價之太陽熱或其他廢熱，以減消費。利用太陽熱蒸發之法（即所謂日光晒鹽法）係將海水灌入鹽田，使食鹽結晶析出，臺灣，東北，遼東，朝鮮等地，均用此法。但太陽熱之利用，常受地理上之限制，如日本降雨頻繁，雨量較多之地方，即不可能。僅瀨戶內海沿岸一帶，較其他地方稍優，昔日即有鹽田；其產量佔日本全國各地產鹽之大部分。但此項鹽田仍與日晒鹽田辦法不同，日晒鹽田之地盤，必須加意修治，不使海水及滷水滲漏，而瀨戶地方鹽田之地盤，則反須使海水自由滲透。且日晒鹽田之海水面即為蒸發面，而瀨戶之鹽田，則係撒布細砂於鹽田表面，而以此細砂之表面為蒸發面。其製鹽方法係俟食鹽逐漸於細砂表面結晶後，用海水溶解砂面食鹽，採取滷水，再行加熱蒸發，製取食鹽。故能率遠遜於日晒鹽田。然此種適應惡劣環境之產鹽方法，卒能獲得相當結果，且成為世界獨有之妙法。

若將蒸發海水除去之 96% 左右之蒸汽，設法利用，則可直接或間接節省燃料。著者為研究此種利用方法，曾將海水直接加入高壓鍋爐，使其蒸發；其結果既可得高壓蒸汽，同時並可採取濃厚

滷水，此種高壓蒸汽，可供發電或蒸汽壓縮機及其他種種之用，鍋爐中生成之濃厚滷水，則可製鹽，誠一舉兩得之法。

但在高壓鍋爐中蒸發海水，勢必生成鍋垢，壓力愈高，生成愈多，結果必使鍋爐失效。故欲使此方法圓滿進行，必須研究海水生成鍋垢之預防法。

### 鍋垢之組成

直接蒸發海水或稀薄滷水時，碳酸鈣先行析出形成鍋垢，繼續濃縮時，硫酸鈣即行析出，食鹽則在最後析出變為鍋垢，若更在高溫高壓蒸發時，則硫酸鎂亦生成鍋垢，故由此等原料製鹽時，必須徹底研求鍋垢之預防法。

### 鍋垢之生成

碳酸鈣鍋垢係由化學作用與沸騰作用而生成，硫酸鈣鍋垢則由於溶解度與沸騰作用，氯化鎂鍋垢僅由沸騰作用，硫酸鎂鍋垢與硫酸鈣相同，亦係由溶解度與沸騰之兩種作用而成。至膠質化學的作用及電氣的作用，則於鍋垢之生成，並無直接影響。

### 硫酸鈣鍋垢之預防法

此種鍋垢如前所述，係由溶解度與沸騰兩種作用而成，故必須防止此兩作用之發生。其法為使蒸發液到達食鹽飽和以前，不使析出任何固體，即必須

- (1) 除去海水或滷水中之硫酸鈣。
- (2) 使鈣變為難溶性物而除去之。
- (3) 使硫酸根變為難溶性物而除去之。

惟當研究此種問題時，最要者為在常壓下減除此等物質至如何程度，始可防止生成鍋垢一事。據著者研究；在

$\text{Cl} : \text{Ca} = 100 : 0.287$ 以下，或  $\log \text{Cl}/\text{Ca} = 2.5421$  以上

$\text{Cl} : \text{SO}_4 = 100 : 0.695$ 以下，或  $\log \text{Cl}/\text{SO}_4 = 2.1580$ 以上時，則在食鹽飽和以前，絕不致生成鍋垢。

### (1) 硫酸鈣之除去法

(a) 利用硫酸鈣不溶解於丙酮及各種醇類之特性而除去之普通加於滷水時，以 10~15% 為度，海水則需 30% 以上。

(b) 依離子作用除去硫酸鈣之方法，理論上雖不重視，但以氯化鈣試驗結果，一公升滷水使用 35 公分左右，即可收相當之效果。

(c) 在高溫高壓之下，加熱海水或滷水，可除去硫酸鈣之大部分，但實行相當困難。

### (2) 鈣之除去法

用草酸鹽，碳酸鋇，碳酸鎂，碳酸鈉及磷酸鈉等試驗之結果，草酸鹽及碳酸鋇均有相當之效果，其中以草酸鹽之結果，最為良好。

### (3) 硫酸根之除去法

氯化鋇有相當之效果。

### 碳酸鈣及氯化鈣生成鍋垢之預防法

如前所述，碳酸鈣係由化學作用與沸騰作用生成鍋垢，故預先以酸分解，則可收充分之效果。氯化鈉鍋垢僅由沸騰作用生成，若防止其沸騰作用，自可達到目的。現今效果最良者，為於食鹽結

晶鍋中，裝置螺旋推進機，使液體之循環良好。

#### 高溫高壓生成鍋垢之預防法

若於高溫高壓下蒸發海水或滷水，硫酸鈣之外，硫酸鎂亦成鍋垢，此與硫酸鈣相同，亦係由溶解度及沸騰之兩作用而成，故欲完全預防，勿使在蒸發時生成固體，當以預先除去海水或滷水中之硫酸鎂為宜。除去之法以用氫氧化物中之  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  或  $\text{NaOH}$  除去鎂分為最佳。惟  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  在海水及稀薄滷水中，反可增加硫酸鈣之含有量，並在濃厚滷水中，可使氫氧化鎂與硫酸鈣之沉澱相混，減低氫氧化鎂之利用價值。著者曾以  $\text{NaOH}$  作數種滷水之研究，獲得良好之結果，對於防止海水及滷水在高溫高壓下之生成鍋垢，效用甚大，同時在鎂之利用及精製上，亦極重要。

#### 用草酸鹽預防鍋垢之生成

任何滷水或海水，均可由草酸鈉防止生成鍋垢，惟草酸鈉之價格，相當高昂，在經濟立場言之，必須設法將其復原。據研究結果，此草酸鈉可由碳酸鈉完全收回。但製鹽時副產之硫酸鈉，可以製造草酸鈉，且成本極廉，如能大量生產，將來自無將草酸鈉再行復原之必要，而預防生成鍋垢之工作，亦可簡單。

#### 長井町分室試驗之大要

日本專賣局中央研究所以試驗「海水之利用」為目的，於昭和八年（民國二十二年）三月在神奈川縣三浦郡長井町設立分室，從事研究，其試驗所得結果，大要如次。

(1) 海水中之鈣，可以當量以下之草酸鈉完全除去，反應時間，

約需 12 小時左右。

- (2) 草酸鈉之損失約為 4~6%，碳酸鈉用量為海水每 1000 公升，約 1 公斤左右。
- (3) 以 10, 15 及 20 kg/cm<sup>2</sup> 之高壓，分別連續蒸發精製海水（經過草酸鈉處理者）三星期以上，在滷水濃度到達 20° Be'（15°C.）後，連續排出，此時並無任何鍋垢之生成。
- (4) 用海水於鍋爐中採取高濃度滷水時，鍋爐之熱效率，與使用蒸溜水時，無大差異，如表所示。

	精製海水	蒸溜水
試 驗 日 數	5 日	4 日
鍋 爐 壓 力 (kg/cm <sup>2</sup> )	10	10
給 水 量 (L/24h)	10,548	9,268
給 水 溫 度 (°C.)	25.2	30.7
給 水 比 重 (Be' ; 15°C.)	3.92	0
濃 縮 滷 水 量 (L/24h)	2,147	0
同 比 重 (Be' ; 15°C.)	16.49	0
蒸 發 量	8,388	9,226
使用煤炭量	1,865	1,932
加熱面積 1 m <sup>2</sup> 之每小時蒸發量 (L)	16.32	17.92
煤炭 1 kg 之蒸發量 (L)	4.5	4.8
鍋爐熱效率	52.5	51.5

- (5) 鍋爐中滷水之濃度達  $20^{\circ}\text{Be}'$  ( $15^{\circ}\text{c.}$ )，蒸發量在  $35\text{ kg/h/m}^2$  時，亦絕無膜皮之發生。
- (6) 利用高壓蒸發海水，以期連續採取高濃度滷水時，生成之滷水，最初呈現黑色，此係鍋爐中之鐵質受侵蝕而生者（應用蒸溜水亦同），此項黑色滷水逐漸變紅變淡，經過一星期後，生成之滷水即完全清明，不起侵蝕鐵之作用，此時檢查鍋爐可見內面全部生成紅色之被膜。故在連續工作時，此種被膜一經生成，則可視為鍋爐之侵蝕，已告停止。

### 製鹽與發電

根據前述之研究結果，若將鍋爐中生成之高壓蒸汽，用作蒸汽壓縮機之動力，既可直接節省燃料，由此發電供給他種用途，復可間接節省燃料。例如應用於現行之火力發電，既得電力，並可同時製鹽，又利用此時所得之電力，電解所製之食鹽，兼可製鹼，即一方既可供給電力，他方並可供給原料鹽，誠為一舉兩得之法。且海水為無代價之物，只需購入煤炭，即能製鹼。故在海水之利用工業上，非常重要。至鍋爐之熱效率，如前所述，與使用蒸溜水時，無大變化，在發電上亦與一般火力發電，無大差異。惟使用之海水，為預防生成鍋垢起見，須行精製。此時雖需要費用，勢須增加食鹽之生產費，但此費用不大，仍可供給相當廉價之原料鹽。

近年減之需要，日益增加，其所需之原料鹽，亦日見加多，故除設法增闢鹽田，大量產製工業用鹽外，本法亦實有考慮實施之必

要。

又用上述所得電力，電解製鹽副產之苦滷，可使金屬鎂及溴之採取，較為容易，在海水之利用工業上，頗饒興趣。

### 海水及滷水之精製

普通工業及釀造醬油等之簡單工業，直接使用結晶食鹽者極少，大都均先將食鹽溶解於水，而使用此食鹽之溶液，故吾人若於製鹽之過程中，取消食鹽結晶之步驟，僅將滷水精製使適於各種用途，則食鹽結晶之費用，可以節省。

### 氫化鎂之利用

如前所述，海水之固形物中鎂之含量約達 3.7% 以上，含量之多，僅次於食鹽。普通製鹽時，皆殘留於苦滷中，苦滷中之鎂鹽，以氫化鎂為最多。在昭和八年（民國二十二年）之年產量為 16,425 公噸，相等於 420,000 石之苦滷，達日本全國生產苦滷量之 21% 左右。此外雖有硫酸鎂，但為量極少。又若精製海水或滷水時，所獲者則為氧化鎂，其成分且較煨燒菱鎂礦所製者為純，可直接電解以製金屬鎂，兼可供製造碳酸鎂，鎂氧水泥，耐火磚及其他種種之用途。

關於金屬鎂之製造，現今或由苦滷或由菱鎂礦，正在多方面研究製造之中，但若應用本法，既可製造金屬鎂，同時又可得精製滷水之利益，故此方法，將來當被重視。

近年各國對製鋁工業，正積極研究製造，日本因缺乏良質之原礦，製造甚感困難，而鎂較鋁為輕，且在海水中之含量無限，故若

與合理化製鹽法及製碱工業等，同時製造，可以任意取用，自無匱乏之虞。

由苦滷製出之碳酸鎂，常含有氯化物，洗滌非常困難，如由氧化鎂製造，則可減去此種困難。故將來由氧化鎂製造之方法，當屬重要。此外因氧化鎂不含硫等之不純物，供作耐火磚之原料，用於高溫爐材，非常適當。

### 鉀之利用

海水中所含之鉀，約為 0.04 %，其含量之多，僅次於鎂，製鹽時大部殘留於苦滷中，昭和八年（民國二十二年）由苦滷中製出之三氯化鉀鎂（Carnallite）約為 4,330 公噸，氯化鉀約 95 公噸，僅利用該年度苦滷生產量之 16% 左右，若利用全部苦滷，則全年可生產氯化鉀約 10,000 公噸。又如用前述方法精製滷水時，因鎂先被除去，故母液中所殘存者僅為食鹽，芒硝及氯化鉀等，而鉀之分離亦較鹽田苦滷為易。

### 溴之利用

海水中約含有 0.006~0.008% 之溴，製鹽時全部殘留苦滷中，現今日本所需之溴，皆由苦滷中採取，昭和八年（民國二十二年）之採取量約為 140 公噸，若由該年度苦滷全生產量採取之，則可得約 528 公噸。近年用溴製造抗震劑者漸多，故其需要激增，美國正由海水直接提取中，若與合理化製鹽法或鹼工業同時採取，其前途自可期待。

### 金，銀，稀土類等及其他之利用

海水中含有人生必需之金，銀，稀土金屬，鈳，鋰，鈷，鉍，碘，硼等物質，此等之含有率雖極微少，但海水究屬無限，故其總量仍極龐大。據阿里尼阿斯 (Arrhenius) 氏云：「若海水 1000 公升中僅含金六公厘，則全海水中應有約 80 億公噸之金」又著者研究之結果，瀨戶內海之海水 1000 公升中，約含有 15 公厘左右之金及約二倍量之銀，故如精細研究，自海水中採取金銀，亦非絕對難事。但若就採取食鹽之海水中採取金銀，因食鹽之需要，有相當限制，所用之海水量，亦因之不多，自不能達到目的。故合理化製鹽法，如能大規模實施，則使用海水量必增，將來由海水中專門採取金銀之工業，或有成立之日。

其他物質之採取，目下正在研究中，將來合理的海水利用工業實現後，工業化之採取，當屬可觀。

### 結 論

總之在缺少物質之日本，利用無限量之海水，採取缺乏之物質，實為重要之事業。縱令海水中所含之量較少，但一經溶於海水，以化學之眼光觀察，利用上極為有利。故集合諸賢研究利用海水中無盡藏之資源，則不但製鹽條件之惡劣及其他天然資源之缺乏等憂慮，均可雲散霧消，其結果或可轉而為福也。

# 製鹽與苦滷工業之關聯性

資料來源 華北鹽業研究會季報  
內田敬三著  
侯元放譯

製鹽與苦滷工業，無論在技術上，或在經濟的立場上觀察，均應保持不可分之關聯。蓋利用海水為原料之事業中，以製鹽為主要之觀念，業成陳腐，隨同近代化學工業之發展，苦滷工業日見發達，製鹽已漸形成附庸事業之狀態矣。

茲將海水中吾人可獲得之各種物質之經濟價值計算如下：

一，製鹽一百單位，其苦滷中所含物質之理論獲得量。

食鹽	NaCl	100.00
氯化鎂	MgCl <sub>2</sub>	12.27
硫酸鎂	MgSO <sub>4</sub>	8.26
硫酸鈣	CaSO <sub>4</sub>	4.62
氯化鉀	KCl	2.83
碳酸鈣	CaCO <sub>3</sub>	0.44
溴化鎂	MgBr <sub>2</sub>	0.29

二，製鹽十萬噸，所得苦滷中各種物質之獲得量及經濟價值。

食鹽 100,000噸×13元(每噸價)=1,300,000元

金屬鎂	3,171.50噸	$\times 2.500$ 元(每噸價)	=7,928,750元
氣	9,500	" $\times$ ?	市價不詳
硫酸鎂	8,260	" $\times$ ?	"
氯化鈉	2,830	" $\times$ 165元( " )	=466,950元
溴	250	" $\times$ 1,200元( " )	=300,000元
計			8,695,700元

苦滷中各種物質總值為八百六十餘萬元，再加尚未計算之氣及硫酸鎂價值，當可超過千萬元（各項價格均係民國二十八年之估價）。由此可知苦滷中所得物質之經濟價值，較食鹽高出十倍以上。如此項物質再加以化合，精製，則其利用之價值當不止此。

再就製鹽技術而論，一般製鹽業者因不附設苦滷回收工廠，故於晒鹽後所得之苦滷，恒再度沖淡，而充製鹽滷水。但此項反覆利用之原料所產之鹽，因受苦滷中所含其他物質之影響，品質純度自漸降低。故如能利用苦滷提出其中物質，而另以新鮮海水續充製鹽原料，則不但於經濟方面可獲大宗之利益，即所產之原鹽於品質及純度方面均能保持最高之水準也。

茲將苦滷中可提出之較重要物質擇述於下：

甲，金屬鎂：——日本年產約五百噸，德國年產三千噸。目下輕合金工業之發展一日千里，故其需要日增，如能大量生產，不但對苦滷工業之收入大有裨益，更可促進輕合金工業之發達。

乙，氯化鉀：——氯化鉀爲人造肥料之原料，號稱農業國之我國，農田廣大，當茲農業科學化之時代，人造肥料之需要自甚迫切。試以華北產鹽百萬噸所得苦澗五十萬噸計算，年產氯化鉀約在壹萬五千噸左右。

丙，溴：——溴素除充染料用外，自美國通用機械公司發明溴爲航空燃料中不可缺少之抗震劑以來，身價立增，該公司並投資美金一億五千萬元，開設海水製溴工廠，其重視溴素可見一般矣。

丁，碳酸鎂：——供橡皮工業及製造牙粉之用。

戊，硫酸鎂：——醫藥用品之原料。

己，氫：——無機及有機化學工業用品，化學兵器之原料。



# 鹽副產物利用法



資料來源 華北鹽業研究會季報

內田敬三 著

侯元放 譯

## (一) 芒硝 Salt Cake, Sulfat— $\text{Na}_2\text{SO}_4$ (硫酸鈉)

芒硝常與其他鹽類共存於天然滷水(海水,鹹湖及其他)或礦石(岩鹽,鉀鹽,天然芒硝,智利硝石)中。市售芒硝通常為 92~96% 之白色粉末,熔融點為  $843^{\circ}\text{C}$ ., 熔融物不易蒸發,雖在  $1400^{\circ}\text{C}$ . 高溫時,亦僅一部份發生氧化。格勞柏鹽(Glauber salt)係  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  之結晶,與純芒硝之轉移溫度為  $32.38^{\circ}\text{C}$ ., 在學術上視作標準溫度計的測定點,可用種種方法如溶解度法,溫度計法,電導度法,蒸汽壓力法,膨脹計法測定之。茲將工業用芒硝成分(%)表示於下:

製法 成分	硝 爐	反 射 爐	哈革律夫斯爐
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	94.393	96.137	97.824
CaSO <sub>4</sub>	1.139	1.148	1.046
Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	0.682	0.588	0.322
NaCl	2.632	0.234	0.744
SO <sub>3</sub>	0.955	1.830	0.022
H <sub>2</sub> O	0.087	.....	.....
不溶解物	0.112	0.073	0.042

芒硝用途頗廣，玻璃，紙漿，格勞柏鹽，硫化鈉，矽酸鈉，硫代硫酸鈉（海波），硫酸銅等之製造上，及家畜飼料，染料等方面均屬需要。就中消費最多者為玻璃工業，需要良質芒硝，不純物以遊離酸在 1%，氯化鈉 0.3~0.5%，鐵 0.1%，以內為標準。用作鏡玻璃原料之芒硝，其所含鐵分應限制於 0.01~0.02%之間，故當此項芒硝製造時，應以鉛鍋代替常用之鐵鍋。

據威撒氏(Wasser)調查世界芒硝產額為  $800 \times 10^3$  噸。

茲將世界各國 1930 年產量及日本 1931~37 年產量列表於下：

國 別	德	英	比	法	美	日
產 量 10 <sup>3</sup> 噸	290	150	100	135	257	20

年 別	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937
含水芒硝	12.558 噸	21.992	13.942	.....	15.494	65.166	31.396
純 芒 硝	15.265 ”	21.859	24.786	.....	37.869	.....	.....

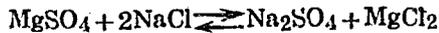
製法：A) 用硫酸分解食鹽而產芒硝，其反應式如下：



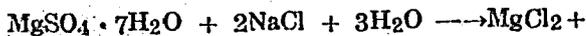
B) 美國，加拿大及蒙古之乾旱沙漠地帶有少量天然芒硝之存在。

C) 由硫酸鎂及食鹽製芒硝法

本法為皮加涅 (Pechineg) 氏所倡，其法係將苦澆攪置於寒冷狀態 ( $-4^{\circ}\text{C}$ 以下)，此時苦澆內所含之硫酸鎂與食鹽發生作用而產芒硝，其反應式如次：



德國斯塔斯佛特之鉀鹽工廠，由製出三氯化鎂鉀後之殘渣中，製造大量芒硝，殘渣中含食鹽45~55% 硫酸鎂 25~30%，殘渣放置於空氣中，俟硫酸鎂 ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) 變化成為溶性鹽，加熱至  $33^{\circ}\text{C}$ ，使濃度達  $31\sim 33^{\circ}\text{B}$ ，再放入結晶槽內，降溫處理，則得含水芒硝，其反應如次：





將粗製芒硝溶解於水，加熱至  $32\sim 33^\circ\text{C}$ 。然後放冷，使再結晶，即得純品，可充藥用。

此外尚有用二氧化硫氣體，分解食鹽之哈革律夫斯法及人造絲工業之副產芒硝等。

## (二) 石膏 Gypsum $\text{CaSO}_4$ (硫酸鈣)

石膏為含有二分子結晶水之硫酸鈣，天然產者為塊狀，(山東博山產)及纖維狀(湖北孝感產)，間有呈單斜晶系之透明結晶者。化學工業有副產石膏者，但其銷路不及天然產品。石膏之主要用途為製造水泥(Portland Cement)之混合劑，混合量約為  $2\sim 3.5\%$ ，水泥中混以石膏可延長其硬化之時間，故目下水泥需要迫切之際，石膏之消費額自亦甚多。此外石膏於製造硫酸銨肥料方面，亦有大量消耗。此兩項所需之石膏，普通均係將天然產品粉碎後使用者，本篇所述則為人工產製之煨石膏，用以充塑像，壁飾，陶瓷及其他模型類之原料者。

將石膏加熱至  $110^\circ\sim 120^\circ\text{C}$ ，則放出其  $3/4$  之結晶水，成為煨石膏( $2\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ )，再熱至  $200^\circ\sim 250^\circ\text{C}$ ，乃變為完全無水者，稱為過燒石膏。將無水石膏再行赤熱，則熔融而不分解。其比重石膏為 2.31，煨石膏為 2.7，過燒石膏為 2.9。熔融後之石膏，與天然產之無水石膏，俱難溶解於水。普通之石膏則稍溶於水，溶解度因溫度及鹽酸，硝酸，原鹽，硫代

硫酸鈉等之存在而生變動。0°C. 時一分石膏溶於 488 分水中，35°C. 時溶於 393 分水中，100°C. 時溶於 360 分水中。煨石膏之化學的本質，尙未闡明。將煨石膏與水混合（石膏 100 水 50）則水溶解硫酸鈣，而成石膏之過飽和溶液，乃析出其結晶  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ，此結晶再生之現象，逐漸進行，終乃及於全體。關於石膏之結晶，亦有謂初係軸斜晶系，繼變為單斜晶系之說者，當結晶再生之際，容積略有膨脹，殘留於結晶間之水分增加，故模型之內部雖極纖細之間隙，亦能滲入而充填之，此實為煨石膏之一重要性質也。

#### 煨石膏之製造法：

取天然產之石膏以粉碎機磨碎之，置於備有攪拌器之鐵鍋徐徐攪拌而加熱，鐵鍋外應鋪耐火磚，使火焰不致直熱鍋壁，並須調節火力，使溫度保持 120~130°C.，以免過熱。加熱之間，因蒸汽放出，噴出粉末，有如火山之噴灰，噴出停止時即為燒完之表示。本法適於小規模之製造，以一次用原料 50 公斤為限，所需燃料約為 10 公斤左右。

大規模製造，宜採用迴轉式爐，或於爐內裝備有羽翼之軸，爐本身靜止不動而旋轉翼軸，以攪拌並轉送石膏粉末。

無論採用何種方法，其要點則為調節溫度，送入之熱風及加於鍋底之熱力，不論如何，均不宜過高，苟溫度過高，則必同時生成過燒石膏而混雜其中，以致遲延硬化速度，或形成形態不整等情形。由石膏成為煨石膏之溫度以 107°C. 為最。

適點，但實際上則以較高之溫度為準。英國恒採用 $110^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{C}$ ，德國有至 $130^{\circ}\text{C}$ 者，惟用較高溫度時，對於保持此溫度之時間，宜加以考慮，即宜斟酌裝置之情形而定之。

若欲縮短煨石膏之硬化時間，則宜和以能增加石膏溶解度之物質，普通常用者為磷酸鈉，其用量約為 $0.1\sim 0.5\%$ ，過燒石膏如加以 $4\%$ 之重硫酸鈉即可復活之，反之如欲延長硬化之時間，則可加生石膏之粉末，膠質等物質，以減低其溶解度即可。

#### 過燒石膏之製造法

將石膏長時間加熱於 $130^{\circ}\text{C}$ 以上，使水分揮發淨盡，而成無水硫酸鈣，此即為過燒石膏。無水硫酸鈣尚分數種，其與水生或過飽和溶液之程度各不相同，煨燒時溫度愈高，溶解愈難，而其凝結亦難。

琴氏水泥(Keen's cement)係將煨石膏塊，浸於明礬液中片刻，取出後加熱至 $500^{\circ}\text{C}$ 而燒成者，分析之結果，係過燒石膏之含有微量明礬者。若用碳酸鈉以代明礬，則成馬蒂尼氏水泥(Martini's cement)，或於過燒石膏中混合無水芒硝而成麥克氏水泥(Mack's cement)，均為類似之水泥，三者之硬化時間均須數小時以上，此項延長硬化時間，視使用目的之如何，往往反見便利。

至若欲用化學工業所副產之石膏，以製造煨石膏，則其不純物尤以鐵及鹼金屬鹽類等，宜留意除去之。

自苦滷中分離石膏之法：

苦滷中恒含大量硫酸根，每遇降溫或加以冷卻時，可生成硫酸鎂；或更進而製芒硝。惟經常開工中之苦滷工廠，如乏特設之冷卻裝置，則難產製。而苦滷中之硫酸根，如不設法除去，又頗影響於其他主要成分之分離採取，故解決此項難題之唯一方策，厥以利用鹼法或金屬鎂工業副產之廉價氯化鈣，添加於苦滷之中，即可將硫酸根悉數以石膏之形式析出分離。（日本每年由苦滷中製造  $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$  之總量約達三萬噸）

惟苦滷100立方公分中恒含有相當於 N/10 酸 6\_10 立方公分之鹼分(Alkali)，故僅於苦滷中加添氯化鈣時，因鹼分之作用促進反應，呈不完全性結晶，而形成難於分離之小粒石膏。且結晶間夾雜多量母液，雖數度用水沖洗，終難根除其鹽分，若於苦滷中先加適量之酸以中和鹼分後，再行添加氯化鈣，則可適宜的抑制結晶速度，而得美麗之針狀結晶，且於分離及水洗方面均為便利。

此項化成之石膏，較天然品富反應性，除特殊用途之外，一般應用石膏工業，均可以之為代用品。

實施例：

A) 氯化鈣液 工業用氯化鈣多為罐裝，將氯化鈣加水作成飽和溶液後，俟不溶解成分，如氧化鈣或少量石膏等沉澱後，取其上清液而用之，本液之濃度可按下列二法測定之：

## a) 比重法：

— Garlach 15°C —

CaCl <sub>2</sub> %	1	5	10	15	20	25	30	35
比重	1.0085	1.0426	1.0869	1.136	1.1822	1.2336	1.2879	1.3443

— Schiff 183°C —

CaCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O %	2	5	10	15	20	25	30	35
比 重	1.0079	1.020	1.0407	1.0619	1.0838	1.063	1.1292	1.1527

b) 氯根滴定法：以 N/10 AgNO<sub>3</sub> 爲氯根之定量液而測定其濃度。



## B) 鹼度之決定

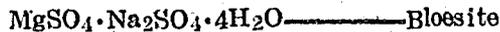
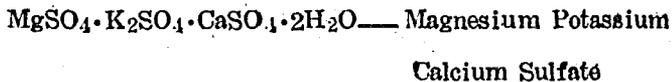
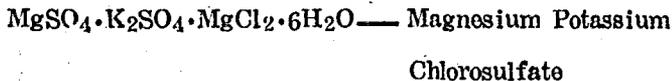
a) 鹽酸液——濃鹽酸中加以同容量之水而稀釋之。

b) 指示藥——75%酒精 100c.c. + 0.1gm. Methyl Red。  
取試料 100 立方公分（苦滷）加以同容量之水及指示藥，然後以稀鹽酸滴定至溶液變紅時，即可以鹽酸用量斷定鹼度。

c) 實施法——鹼度斷定後，即以中和鹼度之適當酸量添加於苦滷中，使充分混合，再以與硫酸根量適合之氯化鈣溶液，徐徐加入，攪置後石膏之結晶即逐漸沉澱器底，然後以離心分離器將石膏由苦滷中提出，提出後置於水中，略事浮遊，再用離心分離器分離，即可除去所含之氯根。

(三) 瀉鹽  $MgSO_4$  (硫酸鎂)

本品廣汎溶存於海水及礦泉中，德國斯塔斯佛特之岩鹽礦中產出下列之各項複鹽：



製法：

普通係將苦泉水或苦滷蒸發，先得不純之結晶，再將其溶於溫水中，再結晶即可獲得精製品。

日本之製法係先將苦滷製成滷塊，然後溶於水中過濾，蒸發，結晶，離心分離，水洗，風乾後即得。惟產品中多少夾雜有少量氯化物。

人造絲工業所用之硫酸鎂，必須避免氯化物之存在，故此項產品多由菱鎂礦中製造。其法係將菱鎂礦土置於焙燒爐中，焙燒而得氧化鎂，將氧化鎂合水成泥狀，於攪拌中徐徐加以硫酸，使達P.H.8左右，然後吸引濾過，使不純物，鐵，礬土，碳酸等除去。其溶液應時刻保持微酸性者，蓋使不純物移向液中俾易於除去。

硫酸鎂之溶解度，隨溫度之上升而增加，故於精製本品時，宜使用溫水，即易溶解，降溫後所得結晶亦純。

茲將不同溫度下硫酸鎂在水100分中之溶解度列表於下：

by mulder

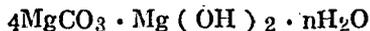
溫度	0°C	10°C	20°C	40°C	70°C	100°C
硫酸鎂 溶解度	76.9	96.5	108	179.5	326.3	671.2

用途：硫酸鎂在醫藥上，自古即用為瀉劑，故通稱為瀉鹽。近  
日人造絲工業發達，需用大增，其他如皮革業，絲織業，  
造紙，染料及玻璃工業方面需用亦多。

#### (四) 碳酸鎂 $MgCO_3$

碳酸鎂雖亦間有以中性鹽  $MgCO_3$  或  $MgCO_3 \cdot 3H_2O$  之  
形態存在者，但市場商品則多為鹼性碳酸鎂，其組織成分則又  
因生成條件之不同而互異。（ $3MgO \cdot 2CO_2 \cdot 3H_2O$ ， $5MgO$   
 $\cdot 4CO_2 \cdot 6H_2O$ ，etc.）

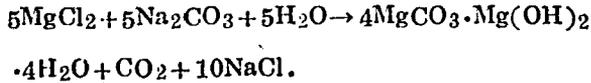
日本之製法係採用氯化鎂及碳酸鈉之複分解法者，其所得  
產品之組成如下：



根據西村常吉氏之研究，結晶性碳酸鎂之  $n=4$ ，無定形  
碳酸鎂之  $n=5$ 。但如以硫酸鎂代替氯化鎂為原料，則結晶性  
產品之  $n=6$ ，無定形者  $n=7$ 。

製法：

## A) 氯化鎂 (或硫酸鎂) 及碳酸鈉之複分解法



將苦澗砂澆，或加漂白粉脫色後，稀釋至 20°B.，徐徐加入同濃度之純鹼液中，加以攪拌，加熱至 60°C.，俟中和化合終了後，移至水洗槽，槽為木製，底鋪碎石上敷白布，將生成之碳酸鎂移置白布面，以淡水反覆沖洗，至洗液中不呈氯離子反應為止。再用壓搾器除去水分，切塊，乾燥，(日晒，火熱，蒸汽熱) 粉碎(用每平方寸有 100 孔之銅網摩擦，碾碎) 後，包裝供售。

品質之輕重：一鹼性碳酸鎂因製造技術之不同，有輕重二質之分，普通輕質者需要較多，故為佳品，支配此項性質之主要條件為化合溫度，濃度，混合比率及混合方法等，茲分別擇述如下：

## 1). 溫度之影響

貝澤留氏 (Belzelieus) 稱溫度愈高品質愈重。

西村常吉氏 稱以氯化鎂為原料時，輕質品生成溫度在 50°--65°C. 之間，重質品生成溫度在 75°C. 以上，65°--75°C 間之生成品則為輕重質之混合物。75°C 以上溫度愈高品質愈重。如以硫酸鎂為原料時，各種質之生成溫度均較前者略高。

吉武幾輔氏以反應溫度在  $55^{\circ}\text{C}$ . 時為最佳。

田中氏則認為  $60^{\circ}\text{C}$ . 為反應最適溫度。

## 2). 濃度之影響

田中，西村氏認為濃度愈高品質愈輕。

## 3). 原料量混合比率

鎂鹽多則質輕，碳酸鈉過剩則質重。

## 4). 混合方法

混合急速時易生質輕者(西村)

以上諸條件除溫度外，均係就碳酸鎂尚在濕潤狀態時之容積及沉降速度等推算者。實際上成品之比重則與乾燥方法及溫度有關，普通高度結晶性生成品，雖經乾燥甚少變化，無定形小粒子之生成品，則因乾燥而縮小凝固，處理困難尤以低溫度生成之無定形物，收縮甚劇。故高溫生成者傾於重質，而過低溫度生成者又因乾燥凝縮而不易處理，故著者以為生成溫度應以  $60^{\circ}\text{C}$ . 左右為最佳。

製造透明橡皮用之碳酸鎂應具有下列之條件

鹼性碳酸鎂之主要用途為混合於橡皮中，使橡皮獲得透明性，一方面增加橡皮之機械的抵抗力，減輕比重增加光澤，並促進其加硫工作。故為適應上述要點，製造硫酸鎂時，應注意：

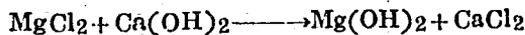
- 1) 反應溫度宜在  $70^{\circ}\text{C}$ — $75^{\circ}\text{C}$ . 之間。
- 2) 先在常溫( $25^{\circ}\text{C}$ .) 時將兩液混合，使起反應，再

吹送以熱蒸汽，於四，五分鐘內使溫度急遽上升至75°C.，俾完全破壞針狀之結晶。

- 3) 兩液之濃度愈濃則產品愈輕，惟過濃則攪拌不能均勻，且碳酸鈉之濃度可隨意增減，故苦滷之濃度可不必過於濃縮。
- 4) 碳酸鈉與苦滷用量之比，約為苦滷（比重1.274）一分與碳酸鈉（比重1.156）1.5~2分之比為最合適。
- 5) 洗滌，濾過後加熱乾燥時，溫度以不超過100°C.為準。
- 6) 粉碎時以削碎法為佳。
- 7) 產品適用與否之鑑別法（與加硫橡皮之屈折率是否相同）取加拿大梳動體樹脂或薑香油液5公分，注於試管，加0.5公分碳酸鎂於其中，混合後靜置二小時左右，管內透明時為佳品，混濁者為劣。

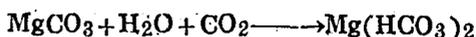
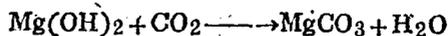
#### B) 苦滷加石灰乳再通以碳酸氣之製法

苦滷與石灰乳混合後加溫時，即起下列反應而產氫氧化鎂及氯化鈣。



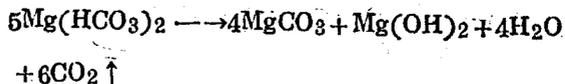
將水分壓榨除去後，反覆水洗以除氯化鈣，再加水使成泥狀，置於密閉罐內，添加少量硫酸鎂後，以

20磅壓力吹送碳酸氣，即產不溶物之碳酸鎂 ( $\text{MgCO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ )，反應繼續時，即生酸性碳酸鎂而溶解。



原料內夾雜之氫氧化鈣，先與碳酸氣反應，生溶解性之酸性碳酸鈣，此物與添加之硫酸鎂反應，而生硫酸鈣沉澱。同時碳酸氣增加壓力之故，酸性碳酸鎂之飽和度上升，對於排出液中之夾雜物較易，即鈣鹽以碳酸鹽或硫酸鹽之形態析出。

夾雜物析出後濾過，將濾液送至瓦斯放散塔，自塔頂流下，一方面自塔底送上蒸汽加熱後，即可照下列反應式，獲得輕質鹼性碳酸鎂，碳酸氣還元後可循環使用。



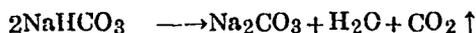
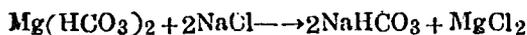
其後之水洗乾燥則與前法相同。

### C) 以菱鎂礦為原料之製造法

本法尚在試驗期間，茲錄其要點於下：

將10公分大小之菱鎂礦石，以5與1之比加焦炭後焙燒，粉碎，和水使成泥狀，（此時之成分為氧化鎂  $\text{MgO}$ ）稀釋至1%，通以16%之  $\text{CO}_2$ ，以五氣壓之壓力使生反應，而得酸性碳酸鎂溶解於水中。礦石中

之其他不純品因不溶故，極易過濾除去。酸性碳酸鎂經通以70磅壓力之熱蒸汽後，即分解而生碳酸鎂沉澱。其他操作則與前法相同。焙燒時發生之過剩碳酸氣，可加壓而得「乾冰」(dry ice)，此外酸性碳酸鎂與食鹽生反應，恰如氨碱法同樣產生碳酸鈉，其反應式如下，



本法尚可副產氯化鎂，故如應用合理，實有大規模工業化之可能。

用途：碳酸鎂之用量年年增加，主要用途為橡皮之混和劑，此外如牙粉工業，顏料，醫藥（制酸，輕瀉，撒布）及保溫藥品等均甚需要。

#### (五) 氯化鉀 KCl.

普通鉀之來源約有下列各種

海草灰，苦澗，明礬礦，糖蜜。

苦澗中提取氯化鉀之法：

苦澗中含有約2--3.5%之氯化鉀，經諸學者研究之結果，如苦澗中所含硫酸根過多，則獲得三氯化鎂鉀之結晶時，必混有硫酸鉀及硫酸鎂之複鹽而減低純度。故實施本法之前，須先使苦澗中硫酸鎂與氯化鎂含量之比達 0.11 以下，其法有二：

1) 將苦滷貯藏過冬，使硫酸鎂因降溫而結晶析出。

2) 添加氯化鎂於苦滷中，以增加氯之比率。

用第一法時，硫酸鎂大部析出，與氯化鎂之比極易降至 0.11 以下，此時將苦滷加熱至  $122^{\circ}\sim 126^{\circ}\text{C}$  析出食鹽後，再降溫冷卻，即可得三氯化鎂鉀之結晶 ( $\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )。將此結晶溶於熱水中，再冷卻後，即可得氯化鉀之結晶（約可析出苦滷中含量之 80%）。氯化鉀結晶經數度之洗滌，可獲相當純潔之製品（90%）。

用第二法時所應添加之氯化鎂，普通多以析出氯化鉀後之三氯化鎂鉀母液代替。添加後苦滷成爲三氯化鎂鉀，食鹽，硫酸鎂之過飽和溶液。此等結晶析出遲速不同，故可分別獲得，計最先析出三氯化鎂鉀，次爲食鹽，終爲硫酸鎂。但苦滷之成分恒有差異，故於實際操作時，應視成分如何，而增減其添加分量。

3) 除上述二法外尚有添加其他化學品之方法，所加者爲氯化銣或氯化鈣，此等化學品亦可除去硫酸根。其中氯化鈣係近日大量工業化之氨鹼法及金屬鎂工業之副產品，市價甚廉，且可副產石膏，故將來本法之發展頗有厚望。實施方法已於石膏節內闡明，不再贅言。

自三氯化鎂鉀中採取氯化鉀之法：

將三氯化鎂鉀溶於熱水中放冷時，即可得氯化鉀之結晶（第一次結晶），純度約在 90% 左右。將其母液蒸發可得人工

的三氯化鎂鉀之結晶。以第一次結晶為原料再施以溶解結晶等手續，則可得純度 95--98% 之氯化鉀。三次結晶後可得 99% 以上之純品。

此外如將三氯化鎂鉀加熱，使其熔融，俟溫度達 176°C 時急遽冷卻，則原料中氯化鉀之 3/4，結晶析出，由再結晶法可得精製品。

用途：氯化鉀為一切鉀鹽之根源，以製造肥料為大宗需要。

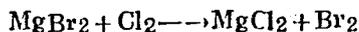
#### (六) 溴及溴化物 Bromine & Bromide

苦鹵中含溴量約為 0.3~0.75gm/100c.c.，係以溴化鎂之形狀存在者。以苦鹵為原料採取溴之合理的方法，宜為附帶於自苦鹵中採取鎂及鉀之中間操作。但美國近年因溴之需要大增（充液體燃料之抗震劑 Anti-knock），故已設有單獨提取溴之工廠矣。

製法：

##### A) 氯氣法 又名加熱蒸餾法（Kubiersky 庫畢爾斯基氏法）

苦鹵中噴入氯氣則溴化鎂變為氯化鎂，而使溴遊離。



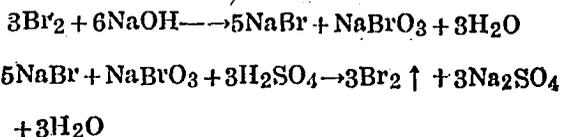
此時溫度如在 63°C.（溴之沸點）以上，即可使溴氯化。但欲使其餾出於反應裝置之外，則宜將溫度再提高，發生多量水蒸汽，使溴隨水蒸汽而餾出。溴之蒸汽甚重，較水約重九倍，故溴之蒸餾裝置，須

特別設計，此項設計以庫畢爾斯基氏所倡者為最佳。法以鐵筋洋灰製之反應塔，內敷磁磚共分五室，室內均架設數段之陶器棚板，液自塔頂流入通過各棚板之孔而落於第二室之頂部，順次下降。氯氣則由最低室噴入，蒸汽由下部送入，餾出之溴自各室底部，逐次升入其鄰接上室之上部，最後則自最上室之底部取出之。於是則氯氣得與液面充分接觸，而行取代作用。溴氣雖重亦得漸次升至上室而出於塔外。餾出後之氣體通於凝縮器（導管蛇管概用鋁製）而液化，溴水則送入精製塔，精製塔係用蒸汽加熱，吹散其氯氣，已純化之溴則經冷卻器而入於收液器。

廢液自底部取出，裝入廢液槽中加硫化鈉或硫代硫酸鈉等還元劑，以除去遊離氯，亦有主張加鐵屑於此槽，以除去氯氣者。次移至第二槽加石灰乳少許，中和酸分，經過熱交換器，豫熱新液，然後排除之。由熱交換器之作用，新液約可熱至 $80^{\circ}\text{C}$ ，而入反應塔，塔內之溫度中央部為 $110^{\circ}\text{C}$ ，蒸汽吹入室則為 $115^{\circ}\text{C}$ ，製造一公斤溴約需 $0.6$ 公斤之氯氣。

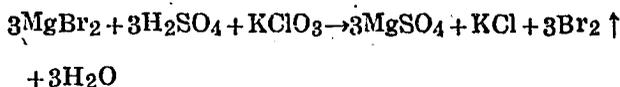
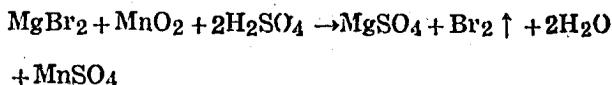
此外亦有將遊離之溴，以空氣吹出者，美國之自海水提溴工業即係利用此法。但此時溴因受空氣之稀釋，不能凝縮為液體，故須導經鹼性液中，使形成溴化物或溴酸鹽類，再將此項中間產品加酸分解

遊離溴素後，以水蒸汽蒸餾而得溴素。



#### B) 使用其他氧化劑之製造法

自苦滷中遊離溴素，亦有用酸及氧化劑者，例如用硫酸及二氧化錳，或硫酸及氯酸鉀，均可遊離溴素其反應如下：



製造法：將苦滷及氧化劑置於花崗岩製之容器內，滴注硫酸，一方面吹進水蒸汽使溫度增高，即可遊離溴素，將遊離之溴素，導至冷却器凝縮成液後，集於收液器中，不凝結之餘氣，則導至滿盛鐵屑之容器中，使成溴化鐵。

溴之電解製法，雖有多人計劃，但僅係將溶解氯氣之操作，利用電解而行之，至製溴之主要工程之蒸餾手續，則仍不能省略，故無何便宜之處，實用者甚少。

精製法：

混入於溴中之不純物，多為錳及碘，除去之法，係將

溴溶於苛性鈉中而加熱，則溴變為食鹽及氫酸鈉，碘則化為碘化鈉或碘酸鈉。如加以與碘量相當之硫酸，則碘先行遊離，除去後將殘液煮沸蒸發，至已無殘留之碘時，冷卻，加硫酸，其量宜較遊離全部溴素量為多，即可遊離純粹之溴。反應裝置為混凝木槽，冷卻管則可用鉛管，分解反應之溫度宜低，溫度上昇，則氣有混入之虞，但溫度太低，則析出硫酸鈉之結晶，反使操作困難。

溴化鉀之製造：

通溴於苛性鉀或苛性鈉之水溶液，則生溴化鉀或溴化鈉。同時溴之  $1/6$  變為溴酸鹽，苟非將此還原，則不能得純粹之溴化物。若製品之中有少量之不純物，亦無碍時，則可加適當之還原劑，如重亞硫酸鹽，草酸等物質而煮沸之，使溴酸鹽還原為溴化物，然後使結晶析出。惟製品之用於醫療者，則不用此法製造，必須利用舊法，先製成溴化鐵，然後再由溴化鐵製造溴化鉀或化鈉。

1). 溴化鐵之製造：鑄鐵或石造鍋中，充填鋼線或鋼屑，吹送水蒸汽及溴素而輕輕密閉之。溫度達  $176^{\circ}\text{C}$  後，即行放置，俟自然冷卻後，水蒸汽溶解溴化鐵而凝結，凝結液自底部流出而濾過之。鐵之溴化物原有多種，最初生成者為  $\text{FeBr}_2$ ，而本法之目的物則為  $\text{Fe}_3\text{Br}_8$  (係與  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  相當之溴化物)。故於反應物獲得後，應

加以分析，如 Br 量不足，則須添至足量。如此所得之赤褐色溶液，裝入於鑄鐵製之鍋內，煮濃至液呈餡狀後冷卻之，液即固化而成黑色結晶塊，其成分大致上溴為 56--70%，氯為 0.5%，鐵為 18--19%，其他 10--25%。

- 2) 由溴化鐵製造溴化鉀或溴化鈉：——先取碳酸鉀之濃溶液加熱，加溴化鐵之濃溶液於其中，使恰達中和之點，或稍留鹼性。兩者之分量約為溴化鐵 ( $Fe_3 Br_8$ )100 比碳酸鉀 ( $K_2 CO_3$ )60。加後，鐵之氫氧化物沉澱，而溴化鉀 (KBr) 則溶解。將溶液煮沸，過濾，蒸發，乾涸，冷卻後用水少許提出溴化鉀，殘留者則為過剩之碳酸鉀及不純物。然後再將溶液煮沸蒸濃，至其比重達 1.53 附近，乃減小火力，繼續緩慢蒸發，即順序析出結晶。將結晶收集用水沖洗去存在其間之母液，以 40--50°C 之溫度乾燥之，乾燥溫度不宜超過 50°C 以上。溴化鉀之中苟混有氯化鉀，則雖利用再結晶法，亦難使其分解，須精選原料，取其不含氯者而用之。

#### 用途：

醫藥用（溴化鉀，溴化鈉，溴化樟腦），照像材料，染料，毒氣，消毒劑，液體燃料抗震劑，精製白金（溶於鹽酸後使用），精鍊黃金（氰化溴）等。

## (七)金屬鎂

自飛機，汽車等高速交通機械發達以來，輕金屬之需要即與日俱增。輕金屬中原以鋁為最主要，但隨同時代之進展，更輕金屬之需要，漸形迫切，鎂較鋁約輕30%，故其需要乃日見增加，其製造方法，亦為各國保守秘密，而鎂工業目下已成積極發展之大工業矣。

金屬鎂工業，勃興於歐戰中之德國，且有相當之發展。戰後即以 Electron 之商品名出售各國。嗣後美國亦有同類製品出現，此類鎂合金工業乃逐漸發達，其工業的價值亦日見增高。

金屬鎂之應用在戰時最著，航空方面為增加飛機性能，必須採用更輕金屬，以減輕重量。其他各種科學兵器，亦需用良多。目下世界之鎂產量以德國最多，係利用岩鹽礦之副產物三氯化鎂鉀而製造。其他各國現已極力擴充，以達自給可能。茲將各國產量列下：

國	別	產	量
	德	5,000	~ 6,000 噸
	美	2,000	''
	法	1,000	''
	義	400	''
	日	650	''

製造法：

茲將各國之製法摘要記述如下：

德 以菱鎂礦為原料，加煤或焦炭後加熱，並通以氯氣，得無水氯化鎂，混以鹼性氯化物，再加熱融解後電解。

美 將原料滷水精製，得含有六結晶水之氯化鎂，於通過鹽酸氣中加熱脫水，而得無水氯化鎂，然後電解。

法 以菱鎂礦為原料，與鹽酸作用，使成六結晶水之氯化鎂後，脫水電解。

日 以苦滷為原料，脫水後電解。

除上述無水鹽電解法外，尚有二法，

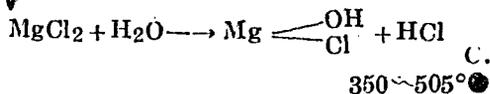
氯化物法 本法與自氧化鋁( $Al_2O_3$ )中製鋁法相同，將氧化鎂( $MgO$ )溶解於鎂、鋇、鈉等氯化物之熔融鹽內，而加以電解。美國曾一度試用本法，後因技術上發生困難而放棄。惟最近似又引起學者間之注意而在研討試驗中。

電熱還原法 為十九世紀末葉研究之方法，將氧化鎂及碳素混合，利用電熱加高溫至 $1,500\sim 2,000^{\circ}C$ ，使碳素直接將鎂還原。還原後之鎂，因在高溫成為蒸氣，宜加以急冷，即可得鎂粒或鎂粉。本法現有一部份工業試用，但尚未臻完善境地。

以上為各國間之各種製法，茲將其中代表製法之理論及實施方法，簡述於下：

A) 氯化物法

將熔融狀態之氯化鎂電解而製成金屬鎂，此時結晶氯化鎂 ( $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) 因高熱發生下列反應，而成氧化鎂。



故製造金屬鎂時，必須先徹底製成脫水鹽，其法如次：

- 1) 先將含水氯化鎂 ( $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) 一部脫水，再於鹽酸氣中全部脫水法：

將  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  融解於其結晶水中，加真空蒸發 ( $30 \sim 40\text{m} \cdot \text{m} \cdot 170^\circ\text{C}$ )，則可得含有  $0.2 \sim 0.3\%$  氧化鎂之氯化鎂二水鹽。溫度如再加高時，氧化鎂之含量可達  $3 \sim 4\%$ 。此外如將氯化鎂之六水鹽，置於棚式之乾燥器中，通以  $350^\circ\text{C}$  之熱空氣時，亦可得含有  $4 \sim 5\%$  氧化鎂之氯化鎂二水鹽。

將此項含有氧化鎂之氯化鎂二水鹽，置於內敷耐酸材料之迴轉爐中，通以加熱乾燥之鹽酸氣，鹽酸氣之溫度在入口處約為  $220^\circ\text{C}$ ，出口處約為  $500^\circ\text{C}$ ，排出之鹽酸因含水故，用硫酸吸取水分使其乾燥後，再送入爐中，如此反覆作用，即可得  $99\%$  純度之無水氯化鎂 (美，法)。

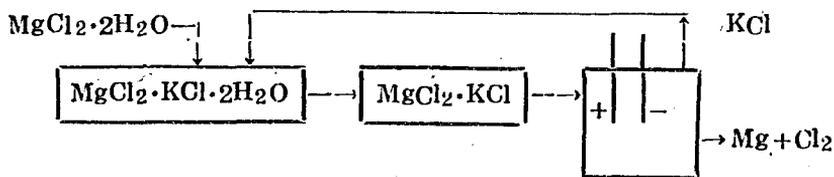
## 2) 使用氯化銨脫水法

結晶氯化鎂 ( $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ) 加氯化銨 ( $NH_4Cl$ ) 時，生三氯化鎂銨 ( $MgNH_4Cl_3 \cdot 6H_2O$  Ammonia Carnallite)，將此物加熱脫水，同時將昇華之氯化銨凝縮。其法先將結晶氯化鎂，置於鑄鐵之平鍋內，加熱使融解於結晶水中，加添氯化銨後，繼續加熱，至水分消失混合物呈固體狀後，移置於坩堝中，再加1/4量之氯化銨，加熱至  $700 \sim 750^\circ C$ ，可得含 2~3% 氯化鎂之氯化銨。本法之缺點，則為氯化銨不能回收。此外尚可用液體氨代替氯化銨，溶解結晶氯化鎂後，生  $MgCl_2 \cdot NH_3$  加熱分解而得氯化鎂無水鹽，惟此法甚不經濟，故用者甚少。

## 3) 使用三氯化鎂鉀之法

將三氯化鎂鉀液電解，則鎂被電解出而集於陰極，但此時液中之氯化鉀逐漸增濃，故須時刻補充氯化鎂，始能繼續。此時氯化鎂及氯化鉀之混合物可完全脫水。電解出鎂後之溶液，其組成為氯化鉀90%，氯化鎂10%，將此混合液回送至第一槽，添加氯化鎂之二水鹽，以製三氯化鎂鉀，送至第二槽加熱脫水後，再送至第三槽電解，即得鎂之產品。（亦有用氯化鈉代氯化鉀

者)茲將本法圖解於下:



第一槽 (混合)

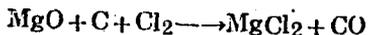
第二槽 (脫水)

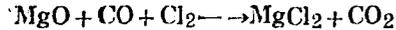
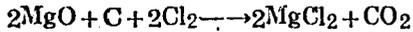
第三槽 (電解)

#### 4) 利用氯氣之製造法

本法以含有碳酸鎂之菱鎂礦石為原料，將此項礦石 (MgO 48%，CaO 1.4%，Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1.6%，SiO<sub>2</sub> 3.6%) 在 800~900°C 前後焙燒，混以 10~15% 之木炭，置於電爐內，保持溫度於 500~600°C，通以四分氯氣，一分一氧化碳之混合氣體，即可將氧化鎂之 80% 以上，變為氯化鎂。反應時應注意充分攪拌焙燒粉末，以促進氯化。

本法之工業的裝置，係置一內敷耐酸性物之反應塔，下敷碳素，上置菱鎂礦石及木炭之混合物。塔頂設有碳素棒，將此棒降下通以電流，使溫度增至 900°C，下方則送入氯氣。菱鎂礦分解而生之氧化鎂，受氯氣之作用，而產氯化鎂，其反應式如下：





氯化鎂因高溫故熔融於塔內，將此熔融液流出電解，即得金屬鎂。

電解方法：電解槽為鐵製，同時充為陰極，陽極則用石墨棒（Graphite），槽內以混合鹽充滿，外部加熱使混合鹽熔融。電解時氯氣集於陽極，以空氣泵吸出，陰極析出之鎂，則浮出液面。鎂之表面覆有電解質之薄膜，故不受空氣之氧化作用。將所得之鎂取出後，再溶解以充鑄造製品之用。

電解液之電壓	8 V
電流密度	1--5 A/Cm <sup>2</sup>
電流能率	50--90%
電力消費量	20 KWh/kg
鎂純度	99.9%

附：1) 金屬及電解質之融點及其比重表

名 稱	融 點	比重650°C	比重750°C
Mg	651°C	1.693	1.582
MgCl <sub>2</sub>	708~711°C	1.590	1.671
KCl·MgCl <sub>2</sub>	496°C	.....	1.632
2KCl·MgCl <sub>2</sub>	452°C	1.674	1.574
KCl·NaCl·MgCl <sub>2</sub>	.....	1.629	1.608
3KCl·MgCl <sub>2</sub>	620°C	1.655	.....
KCl	768~773°C	.....	.....

2) 美國製造金屬鎂之實例 (Dow Chemical Co.)

原料：天然產滷水

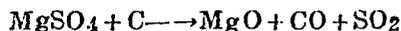
成分：NaCl 14%，CaCl<sub>2</sub> 9%，MgCl<sub>2</sub> 3%，  
Br<sub>2</sub> 0.25%

製法：先將滷水中之溴析出，加氫氧化鎂，以沉澱液中之鐵及其他不純物，然後以傾瀉法分離此項雜質。分離後之滷水加熱煮濃使食鹽結晶，用離心器分離後，液中僅餘氯化鎂及氯化鈣。將此項母液繼續煮沸至母液之組成爲 MgCl<sub>2</sub> : CaCl<sub>2</sub> 等於一比三時，即析出氯化鎂鈣複鹽 (Tachydrite 2MgCl<sub>2</sub>·CaCl<sub>2</sub>·12H<sub>2</sub>O) 之結晶，結晶中氯化鎂與氯化鈣之公分分子比 (Mol) 爲二比一，母液中兩者之比爲一比十。將氯化鎂鈣複鹽溶解於溫水

中，再結晶後則獲氯化鎂六水鹽之結晶。此時母液中兩者之比則變為一比一。將氯化鎂結晶加熱脫水，再施以鹽酸氣法，以製無水氯化鎂。

電解槽為生鐵製巨大長方形槽，可容數噸之電解液，電解槽本身即為陰極，陽極則為插入液中之石墨棒，棒接於導電銅板，按裝於適宜部位。為保持電解液之溫度，電解槽置於加熱爐上，液體加熱可減低電力之消費。為減低電解液之融點，及增強導電率，於液中略加食鹽少許。陽極及陰極設有隔膜，生成之鎂浮集於陰極周圍之液面。工作者一方面將產品取出，同時繼續補充無水氯化鎂，俾工作得連續進行。原料之氯化鎂，需要最高之純度，如所含重金屬達0.01%時，即對鎂之純度，發生惡劣影響，如原料處理得法，所得之金屬鎂可達99~99.5%之純度。

如用天然光滷石為原料時，應先加鋸屑或木炭加熱，使所含硫酸鎂先行分解。



否則於電解進行時，硫酸鎂分解而產氧

化鎂，恒使電解生成之金屬鎂表面生氧化皮膜，不能凝結成塊，且易浮游至陽極，而與被電解之氯氣重新化合，而復成氯化鎂，此項工作必須注意，不能忽略，以免徒勞。

### B) 氟化物法

本法與製鋁法相同，將氯化鎂溶解於氟化物中，電解後即可析出金屬鎂。電解液之熔融溫度，應在標準操作溫度以下。茲將各種氟化物之融點列下：

$MgF_2$  1270°C    $BaF_2$  1285°C    $CaF_2$  1378°C

$NaF$  990°C    $KF$  846°C    $LiF$  842°C

氟化物之電分解順序為  $K \rightarrow Na \rightarrow Mg \rightarrow Ba \rightarrow Li \rightarrow Ca$ ，而鉀及鈉之存在，影響於製品（鎂）之性質，故應用本法時，宜盡力避免使用鉀，鈉。茲將氟化鎂，氟化鋇及氟化鈉之混合鹽，在各種混合比率時之融點列下，

$MgF_2$  21%， $BaF_2$  71%， $NaF$  8%——融點 800°C

36%，      56%，      8%——      880°C

20%，      80%，      ————      890°C

亦有謂雖微量之氟化鈉之存在亦不佳者，應改用氟化鈣代替，其組成爲  $MgF_2$  40%， $BaF_2$  42%， $CaF_2$  18%，融點 817°C。此項液體較鎂之比重大，故電解生成之鎂，自然浮於液面，此點與用氯化物法相同。

電解裝置：電解槽為銅板製，中央并列碳條，以充陽極，連接於導電之銅板裝置。陰極為生鐵製，自槽底部突向上方，上端位於液面下15公分深處，下端時刻以水冷却。電槽內壁因電解之固體化而得熱及電之絕緣作用。槽內與陽極平行，設有二列七根水管，內通冷水，使周圍之熔融鹽凝結，而形成陰陽極間之隔膜，俾電解產之鎂及氧不再接觸。鹽之融點為 $1120^{\circ}\text{C}$ ，故液之溫度須盡力減低，並應時刻添加氧化鎂，氧化鎂無吸潮性（氯化鎂吸潮性甚大），故易處理。其對氟化物之溶解度，於 $950^{\circ}\text{C}$ 時亦僅為0.1%，但如令其保持飽和狀態，則電解時不致起陽極作用。

電解時氟化鎂先被分解，氟氣集於陽極，遇氧化鎂而成氟化鎂及氧氣，而氯化鎂再被分解。如此循環作用，理論上陽極生氧，陰極生鎂而氟化鎂不變。實際上則因種種關係，氟化物之損失，較製鋁時尤大。此外因產生氧氣故，陽極面亦受相當損失。茲將電壓，電流之所需數量列表於下：

溫度	900~950°C
電壓	9~10 V
電流密度	5~6A/Cm <sup>2</sup>
電流能率	50%
鎂生成純度	95~99%

茲將氟化物及氟化物兩法比較列表如下：

	氯 化 物 法	氟 化 物 法
原 料	MgCl <sub>2</sub>	MgO
液 組 成	氯 化 物	氟 化 物
陽 極	石 墨 棒	碳 棒
電 壓	6~9 V	9~16V
電 流 密 度	2.5~5.5 A/cm <sup>2</sup>	5~6 A/cm <sup>2</sup>
液 溫 度	670°~730°C	950°C
電 極 消 費 量	.....	0.5 Kg/KgMg
原 料 消 費 量	4~5 KgMgCl <sub>2</sub> /KgMg	1.7 Kg/KgMg
電 流 能 率	70~80 %	50~60 %
電 力 消 費 量	18~29KWh/KgMg	31~55 KWh/KgMg

本法之缺點為製成之鎂純度較低，必須精製。精製法係將製品鎂於 0.5~1.0m.m.之減壓下，加熱至 600°C，使鎂昇華而得 99.9% 之純度，夾雜物僅餘 0.003之矽 (Si)，0.007之鋁 (Al) 及鐵。

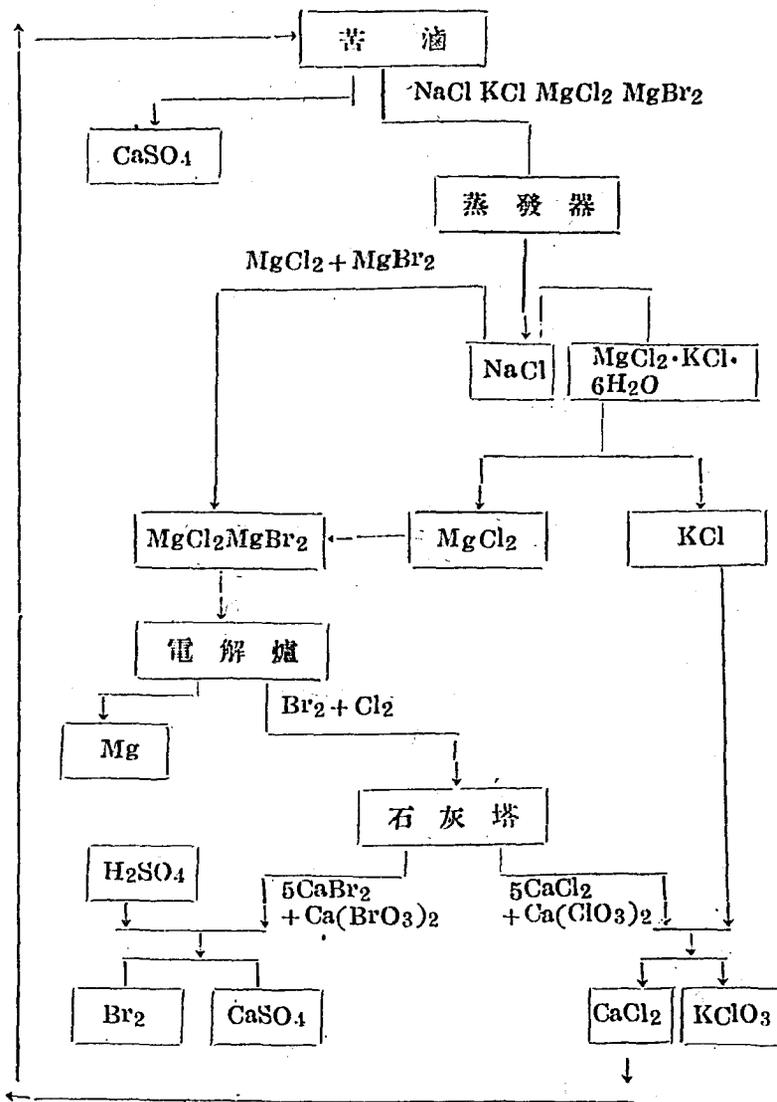
#### 純金屬鎂之物理係數

原子量	24.32
比重(20°F.)	1.737
融點(華氏)	1204
沸點(華氏)	2007
熔融潛熱	126

---

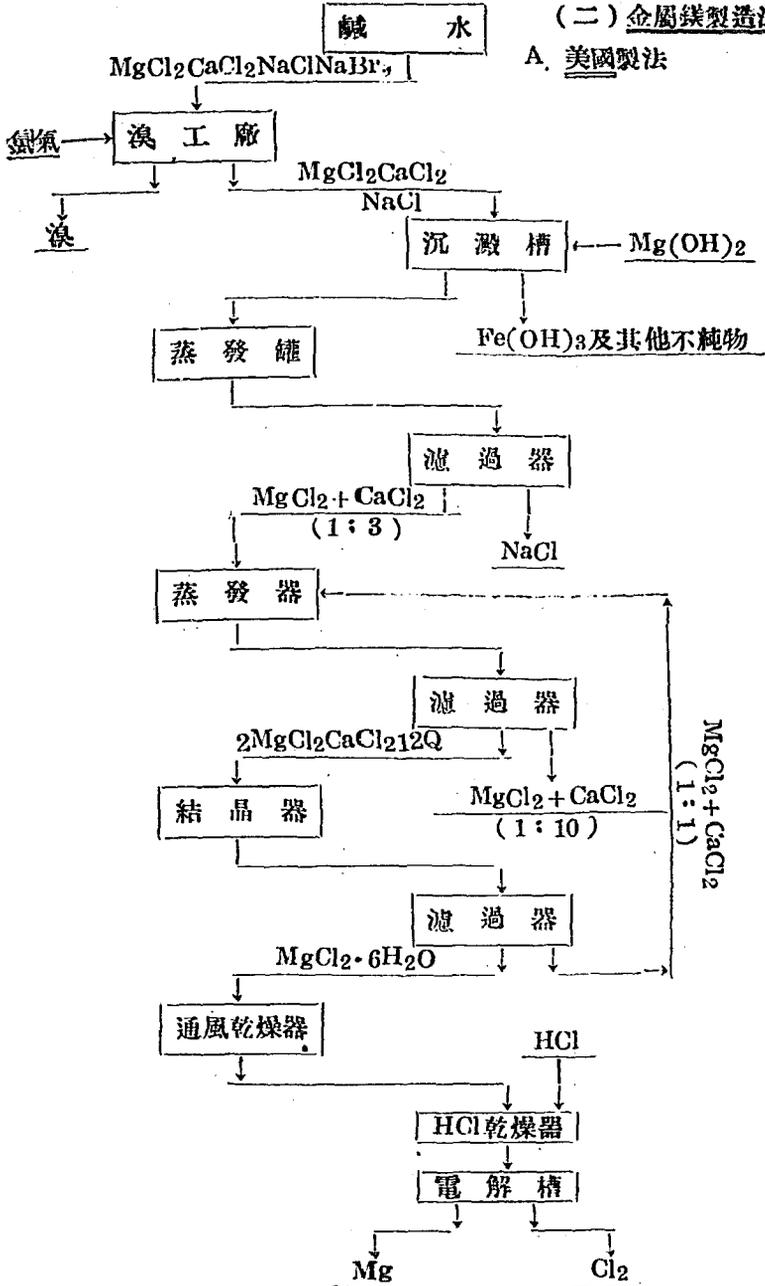
熱傳導率	1060~1103
平均膨脹係數	0.000157
剪斷力	27000
伸展率	15
彈性係數	6.5000000
<u>布林耐爾</u> (Bliner) 氏硬度	37
平均屈折率	73

附圖(一) 苦澆之合理的利用法

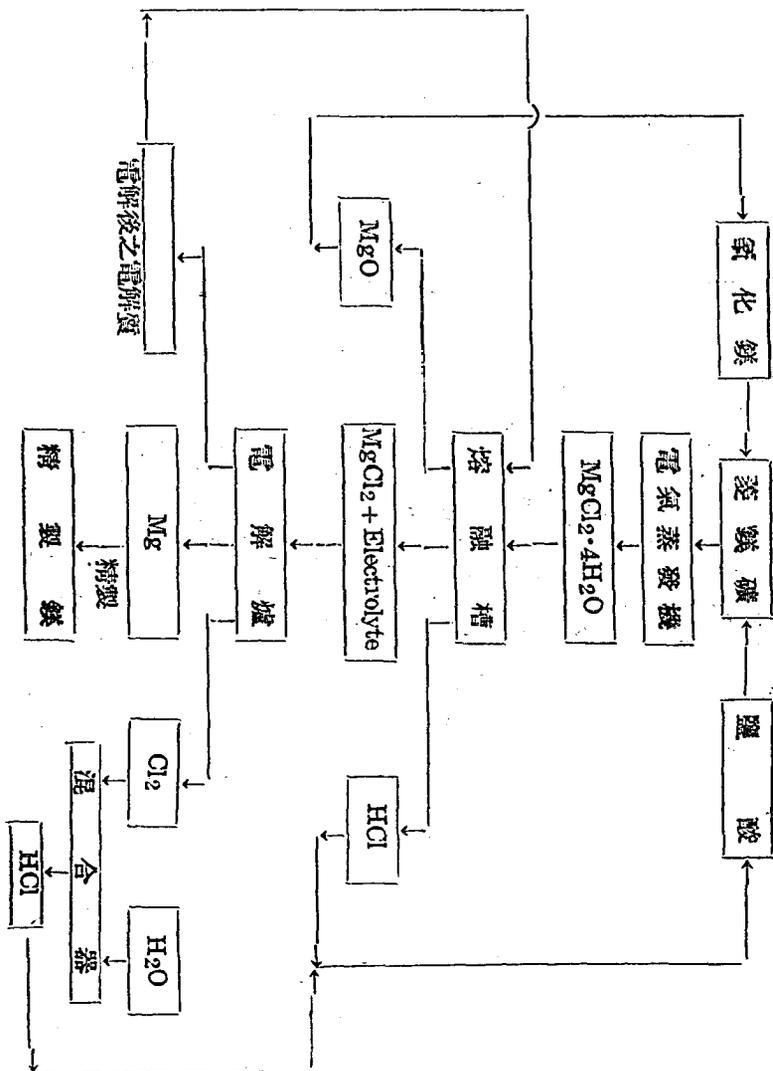


(二) 金屬鎂製造法

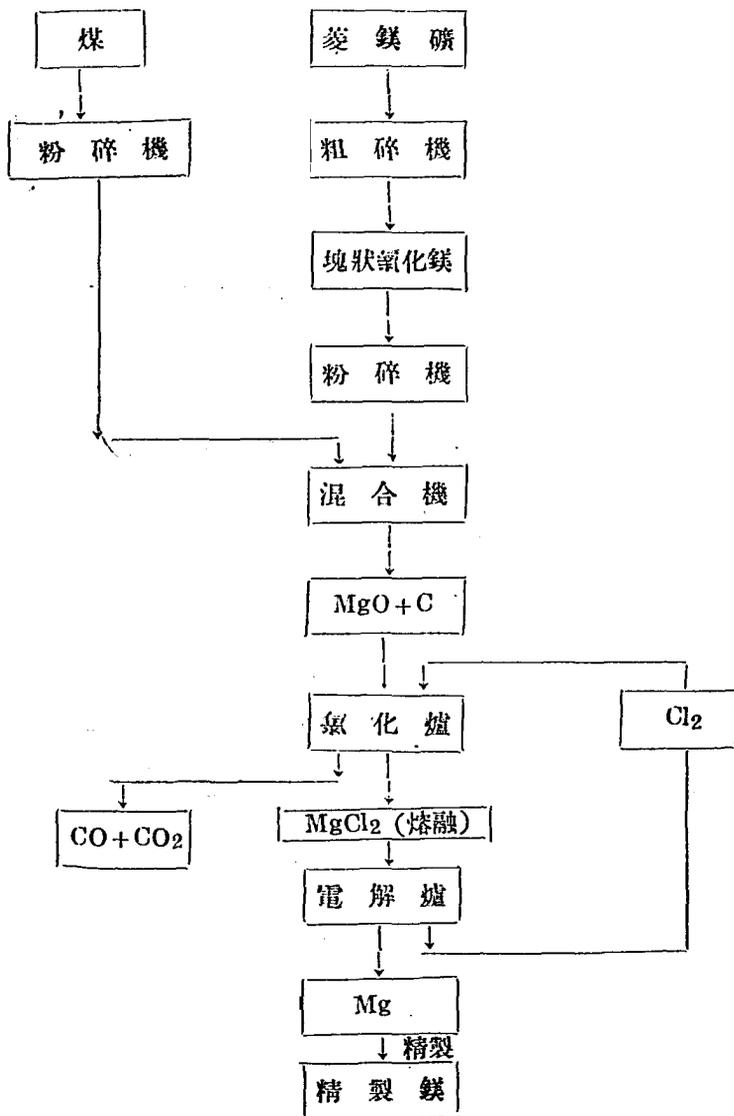
A. 美國製法



## B. 法國製法



## C. 德國製法





# 苦 滷 之 處 理

資料來源 華北鹽業研究會季報

合 田 秋 義 著

張 耀 如 譯

## (一) 苦滷之產出及組成

苦滷為蒸發海水採取海鹽後殘液之通稱，組成之成分如次。

1. 含有之元素以氯 (Cl) 硫 (S) 氧 (O) 氫 (H) 溴 (Br) 鎂 (Mg) 鈉 (Na) 鉀 (K) 八種為主，並含有碘 (I) 氮 (N) 碲 (C) 矽 (Si) 等之微量乃至極少量及銣 (Rb) 銯 (Cs) 磷 (P) 鐵 (Fe) 鈣 (Ca) 等之極少量。此外雖有謂尚含有金，銀，銅等者，但為量更微。

2. 所含化合物以鎂，鈉，鉀之氯化物，硫酸鹽，溴化物為主要成分，此外含有微量或極微量之碘化物，蛋白質，鉍化合物及前記元素之種種化合物。

此等成分普通以氯化鎂，氯化鈉，氯化鉀，硫酸鎂，溴化鈉或溴化鎂五種代表之。

苦滷之最大成分為水，自不待言，約有 60%~70%，上述之諸種鹽類溶解於水中，即名之曰苦滷。

此等鹽類溶解之比例，依原海水之性質，製鹽地之環境條件，製鹽之方法及苦滷之濃度等不同，但大體上則無大異。

例如日本瀨戶內海之苦滷與臺灣，遼東，朝鮮，華北漢沽等處所產之苦滷，其組成自有多少之差異，瀨戶內海之苦滷特別含有多量有機質，故在處理製造鹽類之際，方法亦大不同。

茲例舉苦滷成分之分析表於次。

(1) 著名之 Usiglio 氏分析地中海一帶之苦滷結果如下：

比 重		氯化鈉	硫酸鎂	氯化鎂	溴化鈉	氯化鉀
B.		NaCl	MgSO <sub>4</sub>	MgCl <sub>2</sub>	NaBr	KCl
30.2°	1.2627	16.43	6.34	8.43	1.16	1.40
32.4°	1.2874	13.48	8.08	10.78	1.32	1.80
35.0°	1.3177	12.13	8.68	14.82	1.55	2.50
以上為 100 公分中含有之鹽類量						

(2) 東洋化學公司所屬漢沽工廠所收集漢沽地方之苦滷分析結果如次：

長蘆漢沽鹽田苦澇分析表

試料採取				100 C.C. 中之公分數															
區域	番號	灘戶	灘名	收入月日	分析月日	比重	波美	= SO <sub>4</sub>	- Cl	- Br	++ Mg	+ K	+ Na	MgSO <sub>4</sub>	NaCl	KCl	MgBr <sub>2</sub>	MgCl <sub>2</sub>	合計
南	16	張文呂	西小灘	29.6.20	29.6.22	1.275	31.0	6.41	20.07	0.19	5.67	1.12		8.03	12.21	2.14	0.45	15.64	38.47
中	3	尙慎堂	南雙坨	"	"	1.155	19.0	2.01	11.10	0.07	1.61	0.39		2.53	12.51	0.76	0.15	4.23	20.18
"	5	"	南大柳沽	"	"	1.195	23.5	3.25	14.40	0.11	1.77	0.58		4.07	13.66	1.10	0.25	7.51	26.59
南	25	邵培藝	二新灘	6.29	7.1	1.306	33.7	7.51	21.93		7.96	1.66		9.41	4.53	3.17		23.74	40.85
"	21	潤德堂	西小舖	"	"	1.294	32.8	5.31	26.52	0.34	9.63	1.34		6.66	2.34	2.55	0.78	32.05	44.38
"	16	張文治	小新灘	8.10	8.23	1.262	30.0	6.59	19.56		6.81	1.34		8.25	5.55	2.54		20.14	36.48
"	17	張文呂	夥灘	"	"	1.262	30.0	6.77	19.72		7.09	1.59		8.48	4.32	3.04		21.04	37.88
北	68	邵子和	道邊	11.1	11.5	1.308	34.0	6.00	24.24	0.47	8.55	2.10		7.51	3.61	4.00	1.08	27.07	43.27
中	18	尙慎堂	芝裏募	"	"	1.289	33.0	5.13	24.24	0.47	8.19	2.34		6.43	4.00	4.46	1.08	26.45	42.42
北	5	張三義堂	接跳塘溝	"	"	1.308	34.0	5.05	25.39	0.44	9.12	1.69		6.33	1.53	3.22	1.01	30.18	42.27
中	31	張興善堂	壘頂子	30.7.7	30.7.13	1.287	33.0	5.64	24.22	0.34	8.46	1.90	1.50	7.09	2.83	3.62	0.78	27.99	42.31
"	38	張德志堂	大龍灣	"	"	1.300	33.2	5.96	22.76	0.35	8.18	0.95	1.67	7.47	4.02	1.80	0.80	26.15	40.24
"	33	張文肅	中老虎洞	"	"	1.308	34.0	6.99	21.93	0.35	8.17	2.32	0.90	8.77	3.46	4.43	0.80	25.06	42.52
"	4	積慶堂	北大柳沽	"	"	1.285	32.0	5.75	21.06	0.33	7.35	1.57	1.66	7.20	4.22	2.99	0.76	23.10	38.27
"	3	尙慎堂	南雙坨	"	"	1.320	35.0	5.83	24.82	0.39	9.09	1.87	0.69	7.31	1.50	3.56	0.90	29.85	43.12
"	5	張尙慎堂	南大柳沽	7.14	8.6	1.273	30.9	6.27	19.57	0.29	6.95	1.51	1.75	7.86	4.66	2.88	0.67	20.64	36.71
"	1	"	大新灘	7.16	"	1.305	33.7	6.39	22.97	0.35	8.48	1.72	1.01	8.01	2.83	3.28	0.80	26.45	41.37
"	6	張文肅堂	靈芝豆	7.18	"	1.287	32.2	6.35	21.78	0.22	7.80	1.58	1.69	7.95	3.94	3.02	0.51	24.02	39.44
南	1	立生堂	八九號	8.6	8.15	1.291	32.5	6.36	22.26	0.29	6.41	1.58	4.50	7.93	5.80	3.01	0.66	19.39	36.79
"	4	雙慶堂	一號	8.5	"	1.276	31.2	5.65	20.42	0.28	5.19	1.31	6.16	7.08	13.99	2.50	0.66	14.41	38.64
"	12	邵培來	大壘	8.2	"	1.290	32.4	5.65	22.12	0.37	6.78	1.59	3.15	6.48	8.30	3.04	0.85	21.00	39.68
"	16	文肅堂	小新灘	8.6	"	1.250	28.8	4.99	19.00	0.26	5.05	1.62	5.16	6.25	11.47	2.56	0.59	14.53	35.40
中	2	德生堂	北雙坨	8.1	"	1.283	31.8	5.55	21.42	0.29	5.55	1.54	5.28	6.96	13.65	2.94	0.68	15.78	40.00
"	40	張興唐	東桃節口	8.6	"	1.263	30.0	5.19	19.43	0.80	5.45	1.59	4.14	6.49	10.17	3.04	0.70	15.87	36.27

(3) 瀨戶內海，遼東，朝鮮，台灣等之苦滷分析表從略。

由上記之分析結果，可知漢沽所產之苦滷有顯著之特徵，即硫酸根較少而含溴量多。

漢沽所產苦滷含溴較多之原因，係因其在製鹽時將殘餘之苦滷復混和滷水再行晒鹽，重複晒製，故含溴自多。

至硫酸根較少之原因，係因在冬季寒冷氣候中，由苦滷與滷水之混和液內，採取大量之芒硝，以致硫酸根缺乏。

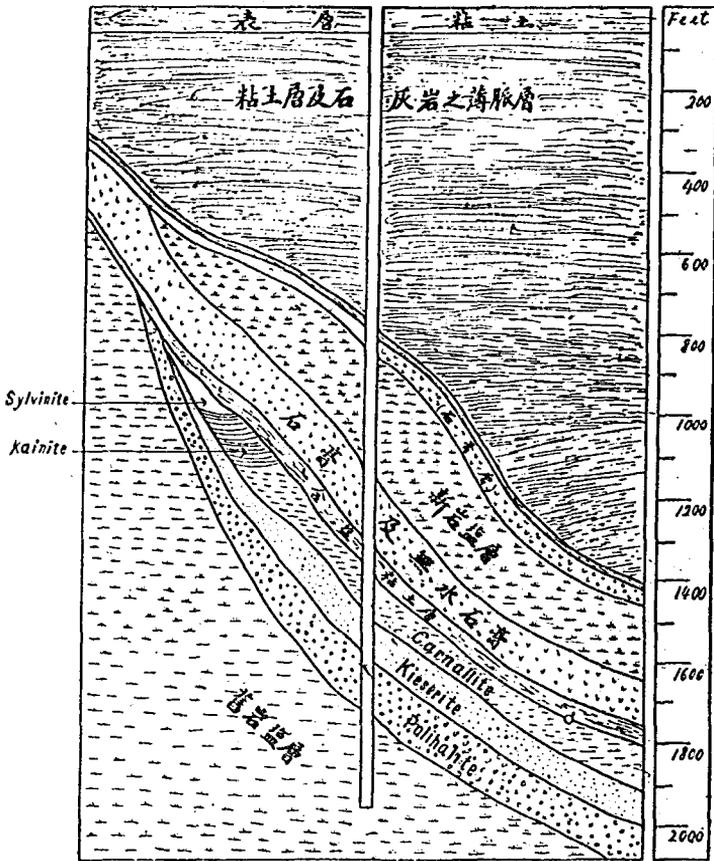
## (二)苦滷處理之原理

處理苦滷分提所含化合物之根本原理，乃由有名之凡特荷夫 (Van't Hoff) 相則原理為基點，並依德國薩克森 (Saxony) 州岩鹽層上層部集積之苦滷鹽類之結晶狀況，詳確考察，而計劃施行人工處理者。

德國之岩鹽層由地下數百公尺集積至千數百公尺之間，地殼圍繞海水，經過約五百萬年之結果云。

該岩鹽層依地方由五層乃至七層左右，多者有集積成二十層之複鹽者，次圖為其一例。

德國岩鹽層狀圖之一種



最初實行處理苦滷方法者為赫爾曼氏 (Hellman)，相傳於十九世紀之初，即已實施。現今所用之法，則為七十餘年前巴拉德氏 (Ballard) 所設計，後經改良者，後述之「自然處理方法」即係此法。

日本之開始實施處理苦滷法，距今已及三十餘年，當時因歐洲大戰勃發，溴之輸入杜絕，醫療上甚感不便，乃由大阪衛生試驗所長平山松怡博士及武則吉，伏見新造兩氏於大正三年（民國三年）八月着手，試製成功，為苦滷工業發達之基礎，現今日本內地所用之方法，即將當時之方法，多少加以改良者。

### (三)處理方法及程序

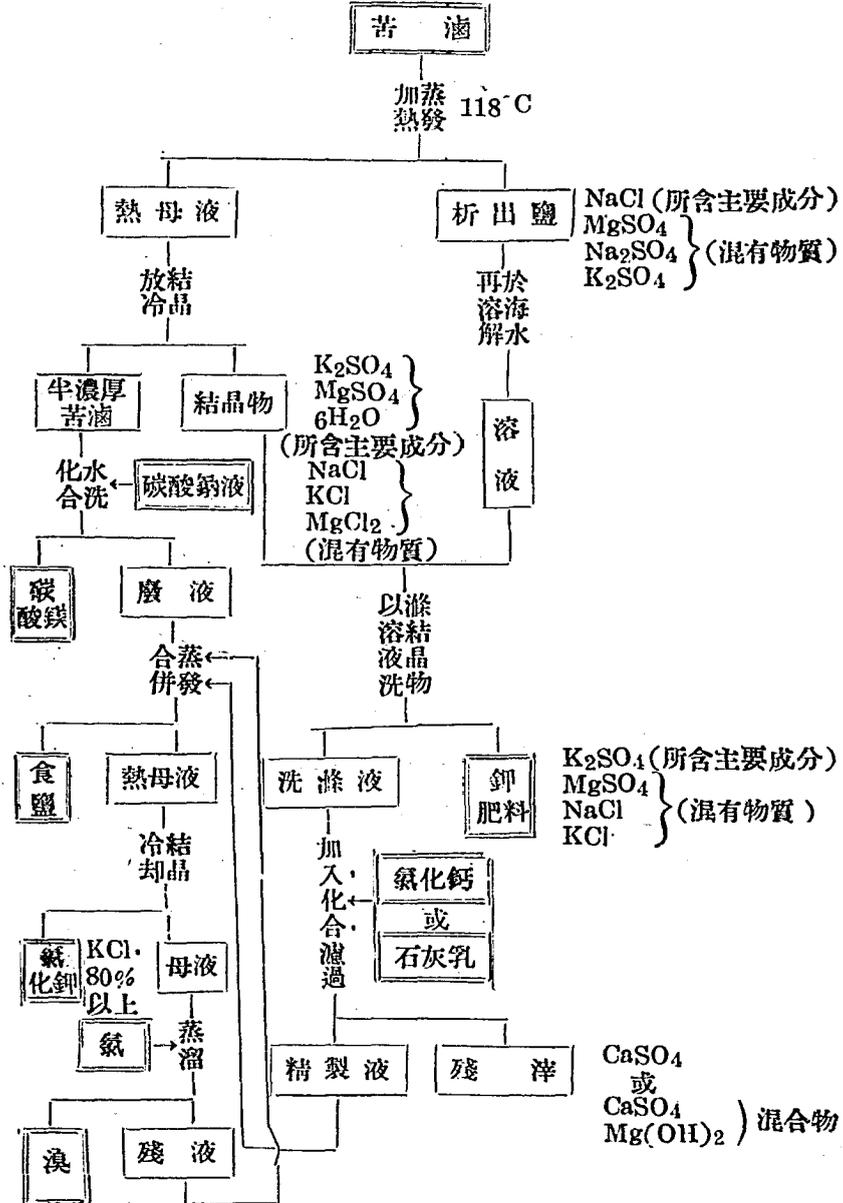
苦滷之處理方法，大別為人工處理方法及自然處理方法二種。

#### (1)人工處理方法

本法有種種之實施方式，例如蒸發苦滷使達常壓下 $120^{\circ}\text{C}$ .之沸騰點，將此時析出之氯化鈉（ $\text{NaCl}$ ）硫酸鉀鎂（ $\text{K}_2\text{SO}_4$   $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ）硫酸鈉鎂（ $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ）等之混和物加熱分別，母液則移送於結晶槽放冷，使其結晶。

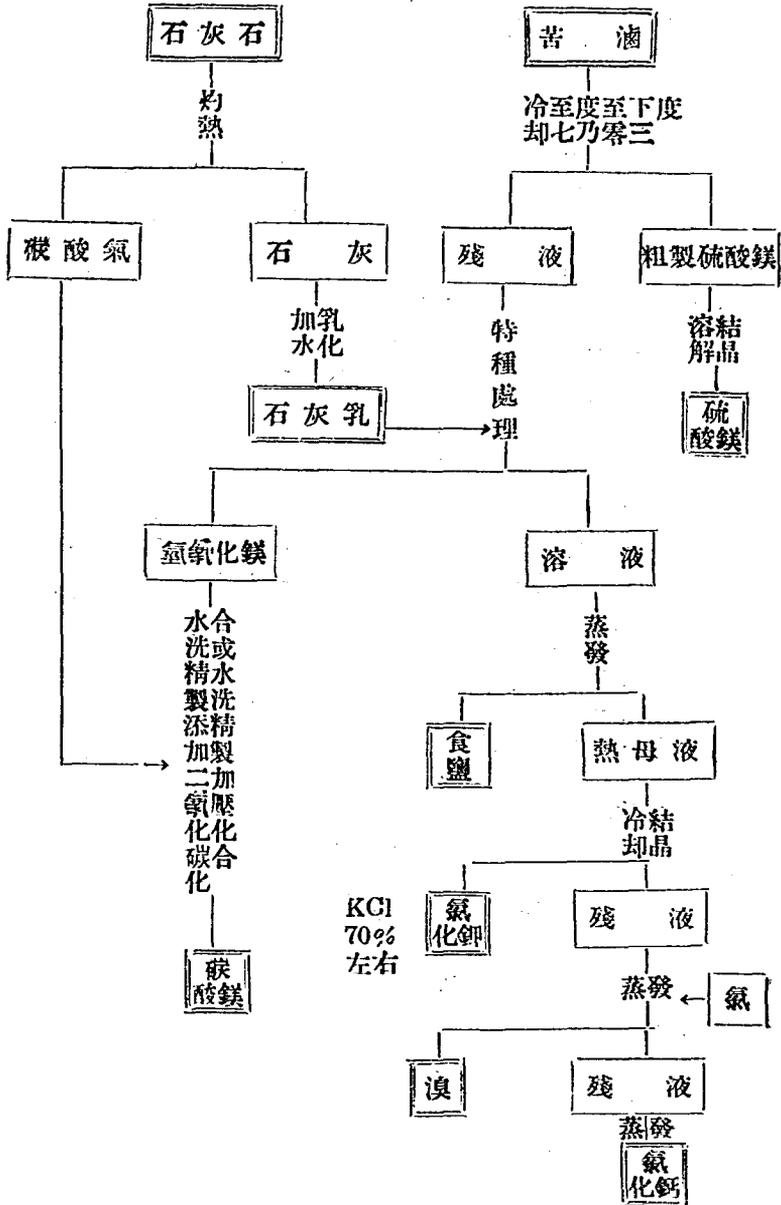
此種析出結晶，以硫酸鉀鎂複鹽為主要成分，並混有少量之氯化鉀鎂複鹽及氯化鈉等。採集後如後圖所示，加以處理，製造鉀肥料<sup>或</sup>硫酸鉀，以殘液（通稱半濃厚苦滷）與碳酸鈉溶液製造碳酸鎂，其次蒸發其廢液採取食鹽，將熱母液放冷使其結晶，採取氯化鈉，再由其殘液蒸溜採溴。茲將經過程序圖解於下。

人工處理法之一例 (其一)



又另有一法如下圖所示，即先冷卻苦澆（ $33^{\circ}\text{B}$ .以上者）至  $7^{\circ}\text{C}$ .—— $3^{\circ}\text{C}$ . 使析出粗製硫酸鎂，以石灰乳（須要特別加工精製）處理其殘液，分離氫氧化鎂與主要含質氯化鈣之溶液，氫氧化鎂經水洗精製後，與碳酸氣化合製造碳酸鎂，或依加壓化合先製酸性碳酸鎂，再加溫以製碳酸鎂，一面蒸發殘液製造食鹽，氯化鉀，溴，氯化鈣等。

人工處理法之一例（其二）



此外雖依生產之目的不同，有種種方法，但製品之市場性即供求關係及市價之問題，亦可支配製法，故生產計劃及製造方法，有考慮市場性即經濟問題之必要。

現在日本盛行之法，即如前述，乃大正三年（民國三年）大阪衛生試驗所所完成，經加改良者，其大要如次。

先以平鍋或其他方法蒸發苦滷，濃縮至沸騰點（常壓下） $123^{\circ}\text{C}$ ，將此時析出之混合鹽類（硫酸鉀鎂複鹽，硫酸鈉鎂複鹽及氯化鈉三種之混合物為主體，並含少量之氯化鎂，氯化鉀，水分等）與殘液共送保溫沉澱槽，於較高溫度時，使與殘液分離，當以離心脫水機除去液分，散佈於堆場放冷接近常溫，（時常以手攪動，防止結成大塊）使成製品。

如斯所得之結晶性粉末，通稱為固形苦滷或粉末苦滷，農林省肥料法規中之指定名稱，則為「苦滷鉀鹽」，其標準須含水溶性氧化鉀（ $\text{K}_2\text{O}$ ）7%以上，此物可作鉀肥料之代用品，現在日本之製品，殆全供此種用途。

至稱為固形苦滷之原因，由於此項製品如不經過脫水，而逕行貯藏時，結晶內原含之1—2分子結晶水易變為4—6分子，吸收水分而硬化，成如岩石之大塊，故有此通稱。

如上所述，分離析出鹽類後之熱母液，即行移送於結晶槽，夏期經6—8日，冬期3—5日，俟冷卻後，採取氯化鉀鎂複鹽（ $\text{KCl}\cdot\text{MgCl}_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ），即略似德國岩鹽層中三氯化鉀鎂（Carnallite）之結晶物，經水洗或以母液沖洗，先洗去氯化鎂之一

部，然後溶解於水，行再結晶法，則成氯化鉀之製品，其純度約為由75~78%乃至83~85%。

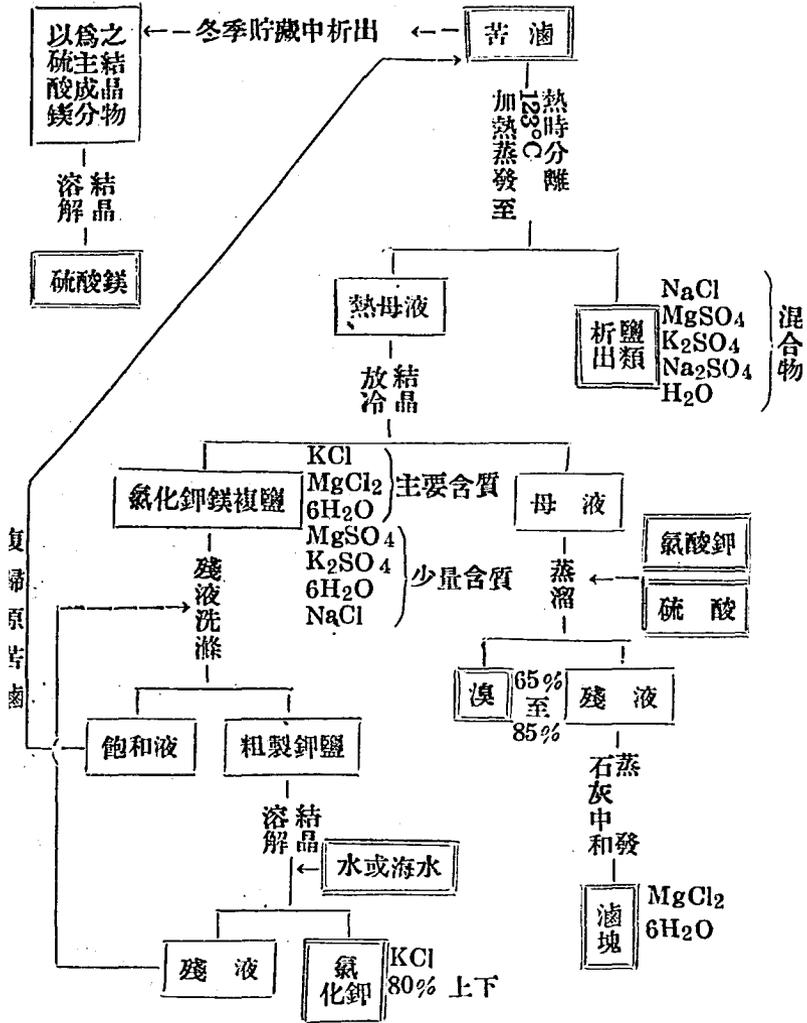
採取氯化鉀鎂複鹽後之殘液，為溴之母液，製溴方法有二：氧化錳與硫酸法，漂白粉法，氯酸鉀與硫酸法，氯蒸溜法，四氯化碳及其他溶媒轉溶法，活性碳吸着法，電解法等多種。現今日本最盛行之方法，為氯酸鉀與硫酸法，至氯蒸溜法則僅有一部分工廠使用。

前法之收獲率低劣，製品之純度，僅達83%~85%，後法之收獲率優良，製品可達95%~96%之純度。

蒸溜採溴後之殘液，殆為氯化鎂之溶液，為除去蒸溜時所用酸類或氣之剩餘（一部化為鹽酸），以石灰乳中和後蒸發之，使達 $148^{\circ}\sim 150^{\circ}\text{C}$ .之沸騰點，移入保溫沉澱槽，將蒸發中因熱解離生成之氧氯化鎂（Oxy—Chlor Magnesia  $\text{MgO} \cdot \text{MgCl}_2$ ）沉降除去，上部澄清液可導入空罐，此時所生之固體物，即為氯化鎂，含5~6分子之結晶水，一般苦澆工業家通稱為「澆塊」。

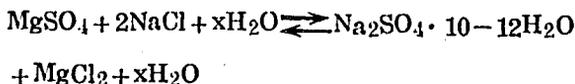
又於冬期苦澆貯藏過程中，亦析出結晶物，此結晶物以硫酸鎂（ $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ）為主成分，混有少量之氯化鈉，硫酸鉀鎂，硫酸鈉鎂等，由再結晶法製造硫酸鎂（澆鹽）。

茲將以上所述，圖示如次。



茲將東洋化學公司附屬工廠（即現在資委會天津化學公司漢沽工廠）之處理方法，附帶說明於下。

先將滷水與苦滷，按某種比例混合，以井水預冷，然後以冷凍機冷凍至零下  $8^{\circ}\sim 10^{\circ}\text{C}$ ，則依



之反應式，析出結晶芒硝。

此反應為平衡反應，依溶液之濃度，溶液中氯化鎂，硫酸鹽，氯化鈉等之存在量及冷凍力之強弱等，反應速度及反應程度，大有差異。普通以過量之氯化鈉及強烈之冷凍力為必要。

一般將  $33^{\circ}\text{B}$  以上之苦滷，冷卻至  $13^{\circ}\text{C}$  以下，則硫酸鎂開始結晶， $7^{\circ}\text{C}$  時大部析出，至  $3^{\circ}\text{C}$  殆完全析出，但工業上大量處理時，則析出者幾完全為硫酸鈉鎂之複鹽。

前記反應式，雖在理論上由  $3^{\circ}\text{C}$  起開始反應，至  $-3^{\circ}\text{C}$  達於理論點，但實際工業上，如前所述，不達零下  $8^{\circ}\sim 10^{\circ}\text{C}$  時，能率欠佳。

如此處理，則可使原液中所含硫酸根之  $73\sim 75\%$ ，成為硫酸鈉而析出，殘液中所殘留之硫酸根，則為  $1.6\%$  內外。

該公司原定計劃，係由採集之結晶芒硝（硫酸鈉）中，製造沉降芒硝（ $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ）及硫化鎂等，設備機器，亦經整理，但依附近同種工廠之協定，結果僅限於製造結晶芒硝，而中止進一步之工作。

採取結晶芒硝後之殘液，利用其保有之寒冷力，實行原液冷卻及冷凍效率之發揮，更利用壓力之減損熱力，復使溫度上升至  $65^{\circ}\text{C}$ . 左右，再用卡利埃（Carrier）裝置，行噴霧蒸發，然後用開斯納（Kestner）式三重效用真空蒸發罐蒸發之，採取食鹽。

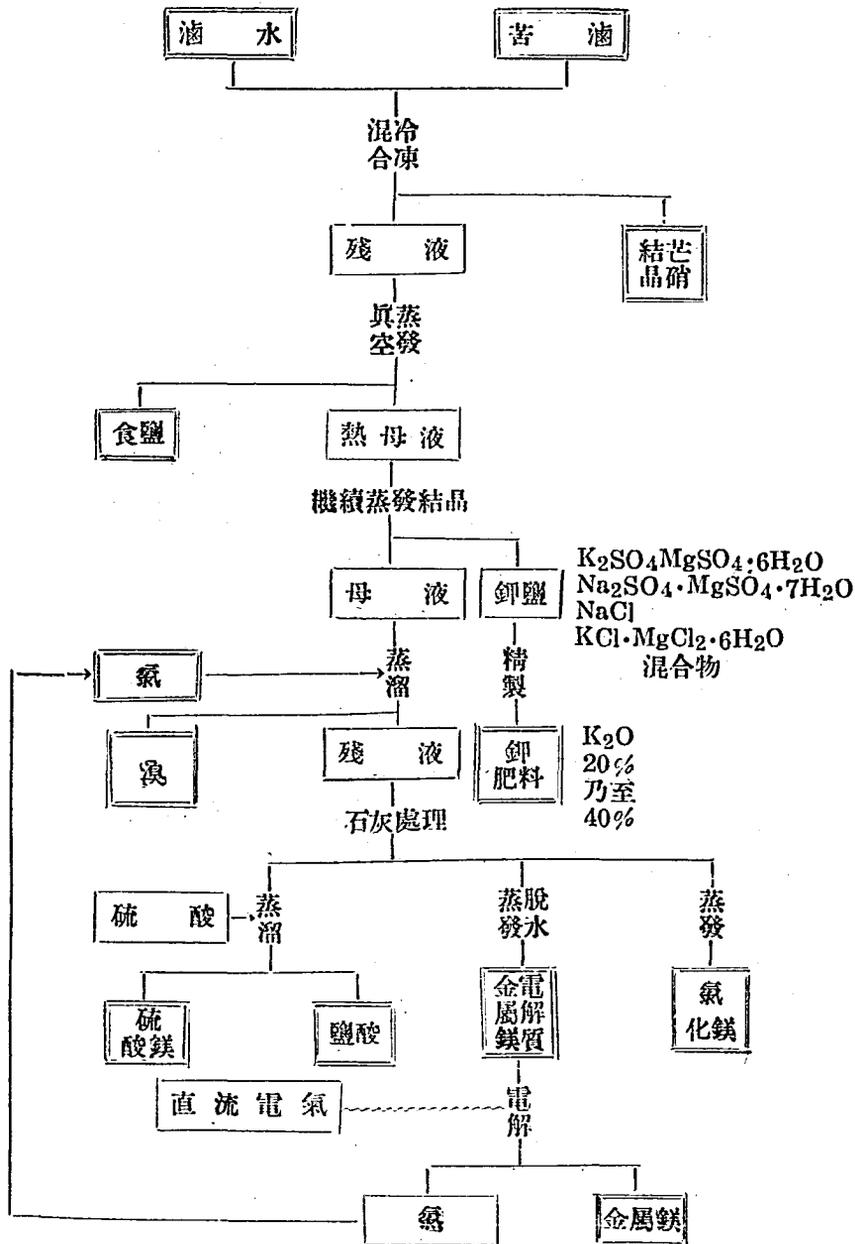
採取食鹽後之殘液，繼續以單效蒸發罐，蒸發至常壓下  $123^{\circ}\text{C}$ . 之沸騰點，將此時析出之鉀鹽及其他複鹽，移入自動結晶裝置，行熱交換之冷凍結晶，以採取鉀分較多之物質與氯化鉀鎂複鹽之混合物，更行精製主成分為硫酸鉀之鉀肥料（ $\text{K}_2\text{O}$  20%~30%），殘液則依熱交換加熱至  $80^{\circ}\sim 85^{\circ}\text{C}$ .，送至溴之蒸溜塔，以氣換溴，其殘液以石灰中和，一部直接煎熬為氯化鎂，一部更行精製，施以脫水工作，製成金屬鎂電解質。

此種脫水工作，乃將  $168^{\circ}\text{C}$ .起分解之氯化鎂溶液，以  $500^{\circ}\text{C}$ . 以上溫度處理者，工作上自有相當困難，尤其對於氧氯化溴（Oxy-Chlor Magnesium  $\text{MgO}\cdot\text{MgCl}_2$ ）之生成，須力求防止之法。

該廠原來計劃，本擬作到金屬鎂之電解，發電機及其他機械，亦經配備齊全，但最後因故停止。

又有於殘液之另一部，加入硫酸蒸溜，製造鹽酸，其殘滓則以結晶殘液稀釋後，復以碳酸鎂中和之，再採取結晶硫酸鎂。

茲將該廠之處理方法，圖示如次。



## ( 2 ) 自然處理方法

澆水若達  $24.6^{\circ}\text{B}$ . ( $15^{\circ}\text{C}$ .) 時，則達鹽之飽和點，即鹽溶解於水之極點，濃度再上升，則鹽析出，在  $25^{\circ}\text{--}26^{\circ}\text{B}$ . 之間，因混有硫酸鈣之結晶，鹽之品質不良，而在  $26^{\circ}\text{--}28^{\circ}\text{B}$ . 之間，則可析出最良好之鹽。  $28^{\circ}\text{B}$ . 以上，鹽質漸次低下，至  $30^{\circ}\text{B}$ . 以上，鹽之品質更形低劣，若至  $32^{\circ}\text{Be}'$  以上，則鹽之析出量激減，而硫酸鎂之析出量大增，故日晒鹽田以  $32^{\circ}\text{B}$ . 停止採鹽，最為理想。

利用日晒蒸發力處理  $32^{\circ}\text{Be}'$  之苦澆，有利用「苦澆處理田」之必要。

「苦澆處理田」在法，英或索馬利蘭 (Somaliland) 地方，係以水泥，三和土等築造特種蒸發池，但在華北氣候寒冷之處，此等材料則不適當 (2~3 年間即行破損)，故於華北宜如築造普通鹽田結晶池之方法，先行注水將泥土壓實，俟半乾燥後以特別重量之石碾，按三噸，五噸，八噸等漸次增加壓力，將地面均勻碾壓，使土壤十分堅實，築造特種蒸發池，以備蒸發。

又於適量土壤內，添加石灰與苦澆，使其充分密實，再照前法壓勻造池，亦一法也。

將採鹽後  $32^{\circ}\text{B}$ . 之苦澆，引入上法所造之蒸發池中，蒸發至  $35^{\circ}\text{--}35.5^{\circ}\text{B}$ .，則漸次析出硫酸鎂與氯化鈉之複鹽或混合物，故宜於夜間待溫度激降之時，移於其他蒸發池內，再行繼

續蒸發。

上述析出物主爲  $MgSO_4 \cdot NaCl \cdot 6H_2O$  或  $MgSO_4 \cdot 2NaCl \cdot 4H_2O$  等之複鹽，或  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  與  $NaCl$  之混合物，此結晶析出後，母液則由  $35^\circ B$  降至  $33^\circ B$ ，將此項母液移於其他之蒸發池，再蒸發至  $36^\circ B$  以上，則硫酸鉀鎂 ( $K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 6H_2O$  或  $4H_2O$ ) 之結晶與氯化鉀鎂 ( $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ) 之複鹽混合析出。

濃度達至此等程度，晝間雖可獲得少量之蒸發，但於夜間或濕度大之晝間，反行吸收濕氣，故工作完成頗需相當時日。

普通宜於夜間或秋季氣溫降下時，分離（依自然流下法）結晶物與母液，母液直行溴之蒸溜，其殘液一如人工處理法所述，供氯化鎂之原料。

此第二次蒸發，特須注意者，乃由結晶物分離之母液，常以濃度在  $35^\circ B$  以上，溫度在  $23^\circ C$  以下爲理想。

此法在法國及地中海沿岸，早已實行，將第一次蒸發所析出之鹽類分爲氯化鈉多之部分及硫酸鎂爲主之部分二種而採集，第二次蒸發，亦區分爲硫酸鉀鎂及氯化鉀鎂而採集之，現索馬利蘭地方亦行此法。

惟如照此法採集，須要四種蒸發池及四次工作，但由此等鹽類最後之處理程序推之，拙見（著者自稱）以爲上述二段程序，即可充足。

依上述方法，經過二段蒸發，再將所得之各種鹽類，送入

工廠，實行處理。但在華北冬季強烈寒冷之地方，有時亦可將第一次蒸發所得之硫酸鎂與氯化鈉之混合物，以低濃度之滷水（ $10^{\circ}\sim 15^{\circ}\text{B.}$ ）溶解後，即行處理者。現在漢沽地方由鹽田中直接製造硝土之方法，即為前述方法中之幼稚方法，但其原理，則無差異，即依前述東洋化學公司方法中記載之反應式製造結晶芒硝者。

至工廠所行之方法，如東洋化學公司之處理方法所述，使用冷凍機即可，但依其使用方法及設計如何，動力之消費，有達二倍至三倍者，故須加特別考慮，又依第二次蒸發所得之硫酸鉀與氯化鉀之混合物，以前記冷凍前之溶液洗滌之，或利用人工處理法中所述之鉀鹽精製法，則易實行經濟的處理，由本品分離硫酸鉀，氯化鉀，硫酸鎂，氯化鎂等，亦可同樣行之。

事實上，實行上述自然處理法時，其必要條件為：

1. 對於該地方之氣象條件，須有精密之調查。
2. 該地方之環境即地勢，運輸，土壤條件等。
3. 處理量與工作條件即作業政策之問題。

以上三要點必須詳加考慮後，再行設計。

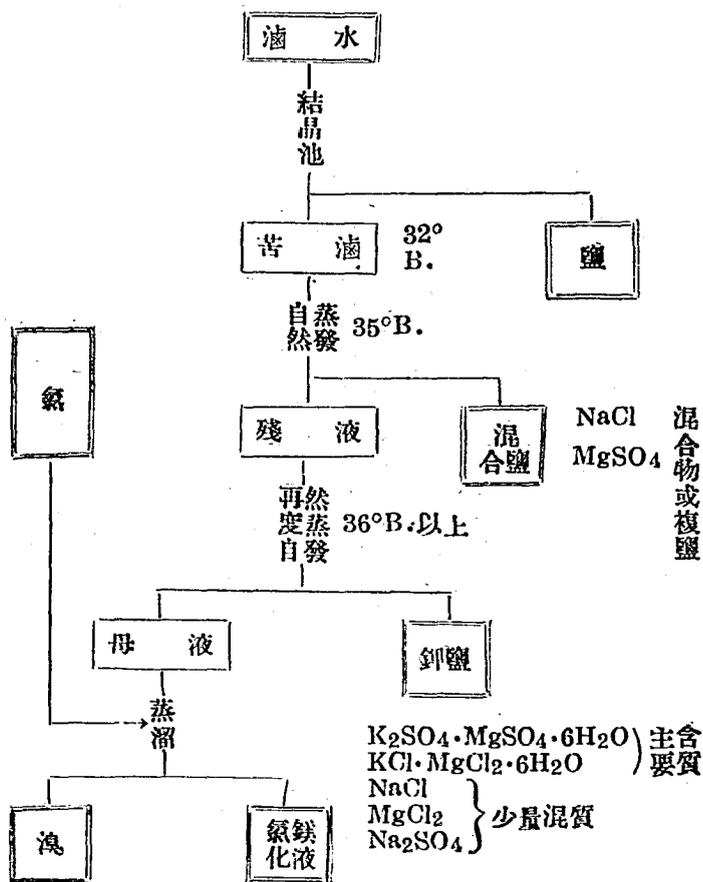
試就第三點舉例說明如下：

設某具有規模之鹽田，其所得之苦滷，若每次實行處理，則有種種不便，並有增大處理工資之虞時，應設適當之蒸發池，將半月份或一月份之處理量，次第加入，但追加之苦滷量，較

該蒸發池之蒸發量多時，則在某程度以上，濃度不易上昇，故宜於適當時期，停止追加，使蒸發若干時日，達適當濃度後，再移送第二次蒸發即可，如此行之，則一次可得大量之結晶物，工作易達圓滿。

茲將自然處理法圖示如次。

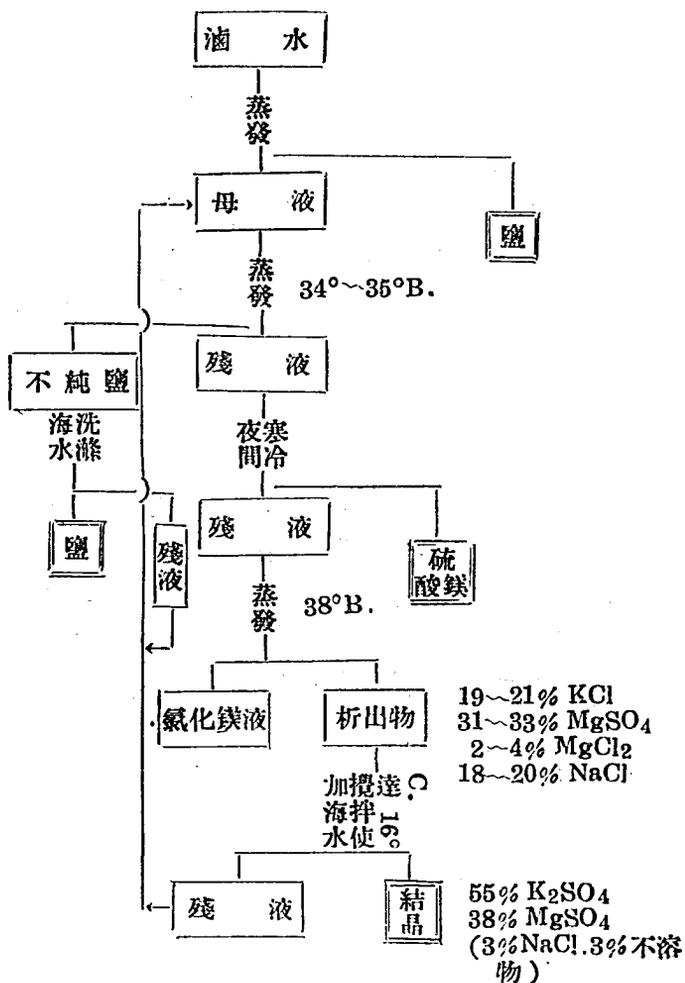
自然處理法之一例（著者設計）



備考：

- (1) 析出之混合鹽，以稀薄滷水溶解後，冷凍採取結晶芒硝。
- (2) 鉀鹽以稀薄滷水或海水洗滌後，製造鉀肥料，或依加熱溶解結晶法，製造硫酸鉀與氯化鉀。
- (3) 氯化鎂液用以製造滷塊或其他，殘餘則廢棄之。

前述方法以外，自然處理方法尚有種種式樣，但皆大同小異，故從略。茲附義大利尼古來（Nicole）氏設計之程序略圖，以供參考之助。



#### (四)結 論

本文因時間關係，敘述極為概括粗略，殊覺遺憾。

處理苦澗時，人工處理方法與自然處理方法，孰優孰劣，依生產苦澗量，製鹽方法，產鹽地之環境條件，市場關係及其他各種問題而異，原不能一概斷定其可否，應綜合此等條件，對照實際問題考查後，始可決定。

吾輩技術人員並非學者，故吾人之職務，係研究如何將學者所作之理論，使之切合實際。但須以最大條件「經濟的」為着眼點，因有時理論上雖屬優良，實際上欠佳，亦有理論上欠佳，在實際問題上，頗有價值也。

要之，「經濟問題」為唯一之歸結點。

人工處理法與自然處理法，各有長短，相互比較，大要如次。

人工處理法之長處：

1. 可連續工作，對於生產能率之增進，有近代化產業之特徵，於機械化之處所，尤為顯著。
2. 生產正確，收率良好，並可生產高級製品。
3. 資本周轉靈活，需要場地不多。

人工處理法之短處：

1. 需要大量之機器資材。
2. 需要大量之燃料。
3. 需要多額之資本。

自然處理法略與前者相反，大要如次。

自然處理法之長處：

1. 需要機器資材較少。
2. 不需要大量燃料
3. 勞力較少。

自然處理法之短處：

1. 需要廣大地面，工作能率較低。
2. 不能生產高級製品，僅能製成粗製品，故仍需要再製工廠。
3. 生產力及收穫率均不正確。（以自然條件為對象之結果）。
4. 資本周轉遲鈍。（收益低劣）

# 氯化鉀製造法

資料來源 海洋之科學四卷二號

(一九四四年二月份)

吉村甚吉 著

張耀如 譯

由苦滷製造氯化鉀之方法有二：

- (1) 由固形苦滷製造氯化鉀之方法。
- (2) 由原苦滷製造氯化鉀之方法。
  - (a) 先製成 Carnallite 再製氯化鉀之程序
  - (b) 先以氯化鈣處理苦滷，再以 Carnallite 製造氯化鉀之程序。

茲將各方法之概要，說明於次。

- (1) 由固形苦滷製造氯化鉀之方法：

斯塔斯佛特及新墨西哥之岩鹽礦，即為所謂之固形苦滷。

茲將各該地製造氯化鉀之概略，述之如次：

斯塔斯佛特之礦石中，可為氯化鉀之製造原料者，為 Carnallite ( $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$ )，Kainite ( $KCl \cdot MgSO_4 \cdot 3H_2O$ )，Sylvinite ( $KCl \cdot NaCl$ )，Kieserite ( $MgSO_4 \cdot MgCl_2 \cdot KCl \cdot NaCl$ ) 等，但以用 Carnallite 製造者為最多。

此等原料以水加熱溶解，放冷後，即可析出氯化鉀。但用 Kainite 製造時，則可先與硫酸鎂及 Kieserite 混合，在加壓加熱之下，使起複分解作用，生成硫酸鉀鎂複鹽，再加氯化鉀（按原文如此，所加者當係少量）。使複鹽中之硫酸變為硫酸鉀，由此再製氯化鉀。

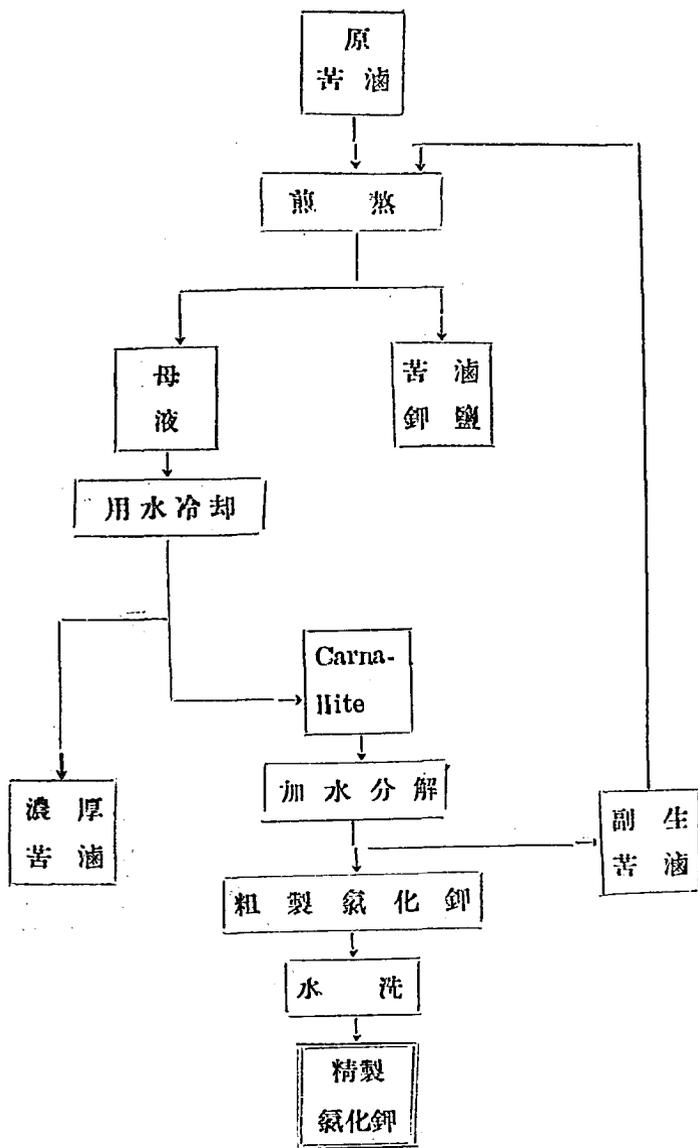
美國新墨西哥產出之鉀礦石，為 Sylvinite ( $KCl \cdot NaCl$ )，普通含氯化鉀 42.7%，氯化鈉 56.6%，氧化鐵 0.7%。先將礦石粉碎，再以礦石之飽和溶液及高級醇硫酸酯之洗滌劑用浮遊選礦法，分成岩鹽與氯化鉀礦石，再將氯化鉀礦石以殘餘母液加熱溶解，冷卻，使析出氯化鉀之結晶。

(2) 由原苦滷製造氯化鉀之方法：

(a) 由苦滷先製成 Carnallite 再製氯化鉀之程序

將日晒鹽苦滷或煎熬鹽苦滷，煎熬至沸點  $123^{\circ} \sim 125^{\circ}C$ ，提出苦滷鉀鹽後，將殘餘母液冷卻，使成為 Carnallite。瀨戶內海一帶之苦滷工廠，及朝鮮，遼東，華北等處，均用此 Carnallite 製造粗氯化鉀之方法。

苦滷鉀鹽之主要成分為食鹽與硫酸鎂，並含有 6~13% 之氯化鉀，故製出之 Carnallite ( $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ) 中，常含有食鹽與硫酸鎂，欲由此中製造純氯化鉀，幾不可能。普通製造粗製氯化鉀，係於 Carnallite 中加水攪拌，使氯化鎂溶出，並以離心機分離其中之不溶解物。其工作程序，如圖所示：



煎熬鹽苦滷1000公升，可製出苦滷鉀鹽150~160公斤，及 Carnallite 70~75公斤。（原苦滷中之氯化鉀，在前者約為60%，在後者約為40%）

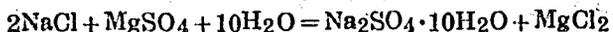
茲將其各項成分列表於次：

	硫酸鎂	氯化鎂	溴化鎂(溴)	氯化鉀	食鹽
煎熬苦滷	7.29	17.55	0.31(0.27)	2.89	3.56
(Carnallite母液) 濃厚苦滷	2.79	30.01	0.55(0.47)	0.81	.....
苦滷鉀鹽	41.84	2.73	0.13(0.11)	13.54	21.58
Carnallite	3.46	27.98	0.28(0.24)	20.65	11.90

煎熬苦滷之比重 32.6°B. Sp. gr. = 1.2904

濃厚苦滷之比重 33.15°B. „ = 1.3207

法國基羅鹽田，係將此苦滷鉀鹽溶解於滷水，冬期注入鹽田，利用寒冷，使食鹽與硫酸鎂間，起以下之反應，採取芒硝，並減少母液中之硫酸鎂，以期增收 Carnallite。

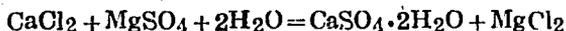


華北漢沽之東洋化學工廠，係在日晒鹽苦滷中，摻和滷水，以冷凍機冷卻至-10°C，使苦滷中之硫酸鎂依上列反應，生成芒硝，採集除去，如此則副產鹽與 Carnallite，皆可增加產量。但依上法所除去之硫酸鎂，僅及含量之半，母液一經煎熬冷卻，苦滷鉀鹽仍然析出，並雜入 Carnallite 中，以致 Carnallite 之品質低落，故製成工業用之氯化鉀，實非易事。

(b) 先以氯化鈣處理苦滷，再以 Carnallite 製氯化鉀之程序

由上所述，可知欲由苦滷中採取純度與收率均高之 Carnallite，必須完全除去硫酸鎂，或除去硫酸根，使硫酸鎂變為可溶性之氯化鎂。

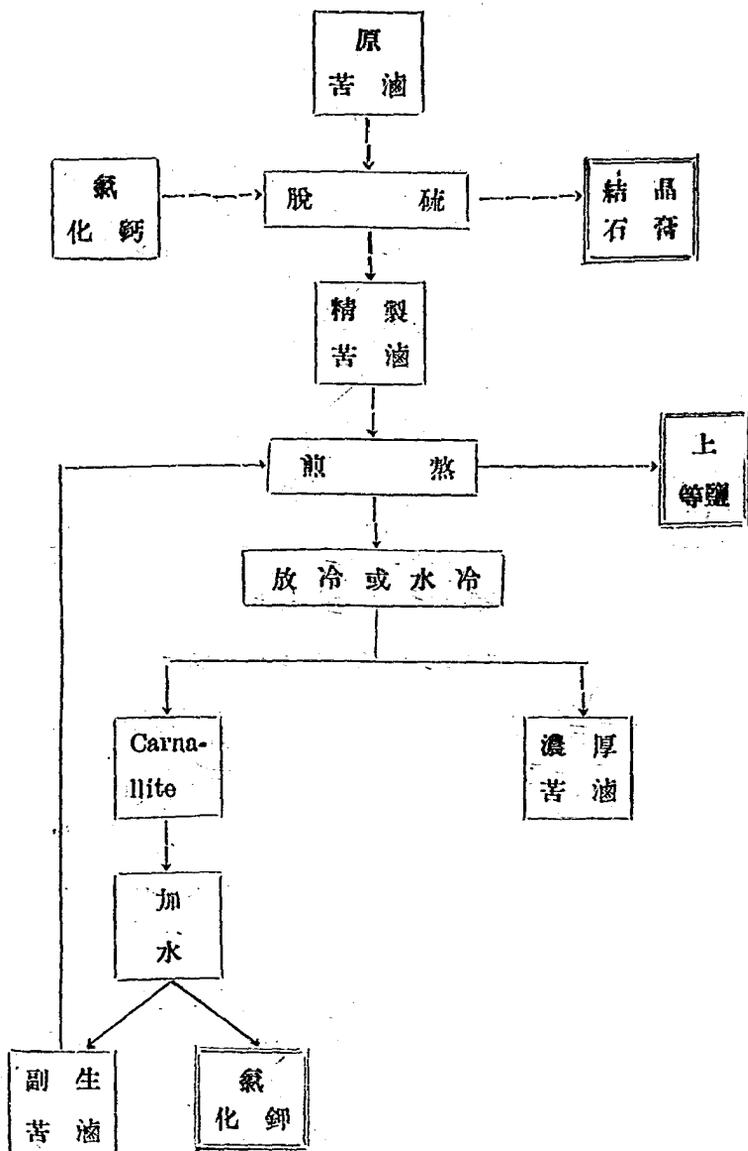
普通多採用除去硫酸根之方法，即加氯化鈣於原苦滷，使硫酸根起以下之反應，生成結晶硫酸鈣（石膏）而析出。

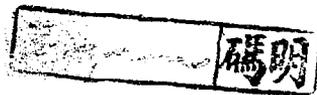


除去硫酸根之苦滷，煎蒸至沸點  $114^\circ \sim 124^\circ\text{C}$ ，則溶存於苦滷中之食鹽，完全沉澱，因無硫酸根之故，可獲得品質優良之上等鹽。將其母液以水冷却，或置之使冷，則苦滷中之氯化鉀，幾全部成為高純度之 Carnallite。再由此中製造氯化鉀，較為簡易，且可得比較純粹之氯化鉀。

用氯化鈣處理原苦滷之方法，工作簡易。且苦滷中氯化鉀之大部份，可製成純氯化鉀，同時硫酸鎂亦可變為氯化鎂，（此氯化鎂為製造飛機必不可少金屬鎂之原料）一舉兩得，其工作程序如下圖所示。

由苦滷中採取純氯化鉀，實較用他種原料為易，如此法廣泛使用，可以補救氯化鎂與氯化鉀之缺乏。





天津中一印字館承印 河北大胡同影院後  
電話五〇三八四號



