

出国考察和来华座谈报告
编号: [79]001 (总 003)

·内部资料·

赴美、日石油化工 技术考察报告

第七分册 烧碱、氯乙烯和聚氯乙烯

化学工业部科学技术情报研究所

一九七九年十二月

目 录

第一节	日本烧碱技术考察概况.....	1
第二节	MDC电解槽技术(三井物产氯工程公司—钻石公司).....	16
第三节	格拉诺尔电解槽技术(DeNora-PPG公司)	27
第四节	旭化成离子交换膜电解槽技术.....	36
第五节	DCM离子交换膜电解槽技术(钻石公司 一三井物产氯工程公司)	41
第六节	20万吨/年氯碱工程装置技术方案	47
	三井物产氯工程公司 三井造船工程株式会社 } 1978.6.3于东京联合提出 石川岛播磨重工	
第七节	三井东压氯乙烯及信越聚氯乙烯技术	

第一节 日本烧碱技术考察概况

一、在日本期间参观的装置

在日本期间共参观了七个工厂，十个装置，重点是四个工厂：鹿岛电解、东洋曹达、德山曹达、旭化成。

1. 水银碱

(1) 鹿岛电解株式会社：规模26.4万吨/年。电槽DN33M2型。

(2) 德山曹达 (Tokuyama)：规模5.5万吨/年。电槽DN21M2型。

2. 隔膜碱

(1) 德山曹达：规模12.1万吨/年。电槽MDC-55。

(2) 味之素川崎工厂：规模3.3万吨/年。电槽MDC-29 (露天)。

(3) 东洋曹达德山工厂：规模16.5万吨/年。电槽Glanor V-11-44型。

(4) 旭硝子鹿岛工厂：规模16.5万吨/年。电槽Glanor V-11-44型。

3. 离子交换膜碱

(1) 旭化成：规模8万吨/年。

(2) 德山曹达：规模1万吨/年。

4. 液碱精制

全日本唯此一家工业化，味之素川崎工厂，规模1.1万吨/年。

5. 固碱 (Bertrams) 一片碱：

旭硝子千叶工厂：规模2.75万吨/年。(由大阪运来水银碱，该厂能力为5000吨/月，运来2500吨/月)。

二、日本烧碱工业现状

据三井物产介绍，日本烧碱能力为441.1万吨/年，其中水银碱29个工厂174.7万吨/年(其中21个135万吨/年与三井物产有关)，隔膜碱24个工厂266.4万吨/年。

隔膜碱主要有三种：

Glanor大型电槽4个工厂，67.6万吨/年，由三井造船设计承包建设。

DS或MDC电槽13个工厂，75.6万吨/年，由氯工程公司设计承包建设。

H-2A或H-4电槽11个工厂，62万吨/年，由千代田等设计，三菱电机等承包建设。

离子交换膜：

旭化成延冈工厂 8万吨

日本电气化学 6万吨

德山曹达 1万吨/年。

三井物产自己设有DSA金属阳极制造厂（三井占50%股份，DeNora占50%股份）称Permelec Eletrode公司，控制了日本水银槽金属阳极的90%，隔膜槽金属阳极的98%。

三井物产与石川岛播磨重工有密切关系蒸发部份的基础设计，设备制造均由石川岛进行。采用Swenson技术，在11个工厂能力为172.4万吨/年。四效蒸发（逆流）开始采用，在日本鹤见新建了一套5000T/月的四效逆流Swenson技术的装置。

由此看来三井是与意大利DeNora、美国PPG公司、美国Diamond Shamrock公司有较密切的关系。

Hooker电槽未曾参观了解，但由三菱和月岛机械厂送来了这方面的技术资料。

三、在日本期间参观装置的指标汇总、比较

1. 参观水银法电解烧碱厂（日本）现况综合表（见表一）。
2. 参观隔膜法电解烧碱厂（日本）现况综合表（见表二）。
3. 水银法与隔膜法的比较（鹿岛电解提出，按12万吨/年NaOH为基础）（见表三）。
4. 水银碱、隔膜碱与离子交换膜碱生产技术的比较（1978.5.28旭化成提出）（见表四）。
5. 水银法、隔膜法、离子交换膜法生产烧碱的比较（1978.6.3三井物产氯工程公司、三井造船联合提出）（见表五）。
6. 烧碱技术经济指标比较（见表六）。
7. 三效逆流与四效逆流蒸发的比较（日本石川岛播磨提出）（见表七）。

表一 水银法电解烧碱厂（日本）现况综合表

序号	指标	德山曹达 DN21M2		鹿岛电解 DN33M2型	
		典型数据	实际生产	典型数据	实际生产
1	规模	5.53万T/年	5000T/月	26.4万T/年 (NaOH)	22.5万T.Cl ₂ /年
2	电槽台数		20台	53台	
3	电流负荷	300KA	245KA	450KA	361KA
4	电流密度	130.1A/dm ²	106.3A/dm ²	124.2A/dm ²	99.64A/dm ²
5	平均槽电压	4.65V	3.88V	4.63V	4.2~4.3V
6	电流效率	96~98%	97%	96~98%	

续表

序号	项 目	厂 名	德山曹达 DN21M2		鹿岛电解 DN33M2型	
			典型数据	实际生产	典型数据	实 际 生 产
7	电 耗		3250 DCkwH/ T·NaOH	2800kwH/ T·NaOH	3230	
8	电极（阳极）面积		23.05m ²	23.05m ²	36.23m ²	36.23m ²
9	电 极		42个	42个		
10	单台电解槽生产能力			2750T/台·年	~5000T/ 台·年	
11	汞耗g/T·NaOH			1.8~2.0g/ T·NaOH		0.63g/TNaOH
	空气中汞的浓度			3~4mg/m ³ (3~4) (ppb)		电解厂房内： 0.0025ppm 电解街区内 0.0017ppm (1.7ppb)
	排出水中含有汞					1ppb
	碱液产品含有汞					0.01ppm (10ppb)
	氢气产品含有汞					1mg/m ³ (1ppb)
	盐泥中含有汞					15ppm

表二 隔膜法电解烧碱厂（日本）现况汇总表

工 序	项 目	指 标 名	德山曹达 MDC-55			东洋曹达 Glanor V-11-44			旭硝子鹿岛 Glanor V-11-44					
			典型数据	3	4	5	典型数据	6	7	8	典型数据	9	10	11
1	2													
电	规 模					11000T/月(相当12.1万T/年)				165000T/年	1.5 万T/年	(可扩 建至16.5 万T/年)	13.854T/ 月	
	电槽台数					90台				18台			16台(可 增到18台)	
	电流 KA		75	150		75~110(最大 130KA)		72		72			72	
	阳极面积 m ²		54.8	54.8		54.8		36.5×11		36.5×11			36×11= 396m ² /槽	
	电流密度 A/dm ²		13.7	27.4		13.7~20.1 (最大23.7)		19.75		19.75			20	
	槽压降 V		3.0	3.62		1977.9前数据: 78.5.23参观时 75KA时3.01~ 3.13 2.98~3.04V		3.6×11		3.59×11 (运行13个电槽 总电压降513.6 V)			3.54~3.6 V/槽	
	电流效率 %		96.5					96~97		95				
	电耗DCKWH/TNaOH		2127	2540		2113		2513		2500			2500~ 2600(据说: ACKWH/T 碱)	
	隔膜寿命 月		12~20	15~20		12(TAB)		15~18		12 (TAB: 即 树脂+石棉)		9200T/ 年·台	实际 830 T/月·台	
	解	单台电解槽能力 NaOH T/台·年		862	1725		862—1300(操 作最大可达 14957/台·年) 设计4.07T/d× 333=1357T/台· 年		9000~ 10000		9170			

续表二

工 序	项 目	指 标	厂 名	德山曹达 MDC-55			东洋曹达 Glanor V-11-44					
				典型数据			典型数据					
1	2			3	4	5	6	7	8			
蒸	系统能力					11000T/月, 三效逆流, 外加热强制 循环Swenson技术						
	技术特点					11kg/cm ² G						
	蒸汽压力					2.6T, 加上其他消耗0.4 T共 (电解液 9.6% → 50% 汽耗 11% 3.2T/T 3.0T/T)			6kg/cm ² G, 158℃			
	蒸汽消耗 T/TNaOH*								2.8T, 加上其他汽耗 0.4 T, 3.2T (50天洗罐一次, 停车1.5天)			
发	项 数	目	NaOH 浓 度	温 度	面 积	材 质	NaOH 浓 度	温 度	面 积	材 质	△t	真 空 度
	闪 蒸		48~49%	—	—	镍	49~50%			Ni		
	一 效		45%	142℃	500m ²	镍	45%	140℃	860m ² D=8m 400m ³	Ni	4℃	常 压
	二 效		25%	89℃	1000m ²	镍(一般为不锈钢)	25%	80℃	1300m ² D=6m 200m ³	Ni	7℃	200
	三 效		10%	53℃	1000m ²	镍(一般为不锈钢)	11%	55℃	1300m ² D=8m 100m ³	Ni	11℃	60
过 滤							三效分NaOH溶液 (NaCl固体) 二台卧式 (推 式) 离心机 回收盐, 化盐的过滤 (NaCl固体) 三台卧式 (推 式) 离心机 液碱成品分离 (NaCl固体) 三台立式过滤器					

* 旭硝子鹿岛Glanor V-11-44的实际生产数据为2.2~2.4T/T。

注: 四效费5亿日元 (385万人民币, 214万美元), 1.5~2年回收。

表三 水银法与隔膜法的比较 (鹿岛电解提出, 按12万吨/年NaOH为基础)

序号	项 目	水 银 法	隔 膜 法	
1	2	3	4	5
1	电 极 电流密度 A/dm ² 槽压降 V 电流效率 % 变流效率 % 设备费 亿日元 成本(按日本情况) 日元/吨	金属阳极 120 4.5 97 97 90 80210	金属阳极 20 3.5 96 97 110 91141	
2	消耗定额(每吨100%NaOH) 原料: 盐, 吨 电解槽耗电 (AC) 度 其它动力 (AC) 度 (总电耗度) 蒸 汽 吨 水 米 ³	 1.54 3200 150 (3350) 0.05 4	 1.56 2520 210 (2730) 3.5 137	日本价格 5400日元/吨 9日元/度(AC) 3000日元/吨 10日元/米 ³
3	氯气质量(VO 1%) Cl ₂ H ₂ O ₂ CO ₂ 空 气	 98.81 0.20 0.20 0.38 0.41	 97.7 0.2 1.5 0.2 0.4	
4	烧碱质量(%) NaOH NaCl Na ₂ SO ₄ NaClO ₃ Na ₂ CO ₃ Fe SiO ₂ Ni Cu 颜 色	 51.00 0.0050 0.0030 0.0001 0.0500 0.0003 0.0005 — 0.00003 —	 51.00 0.9797 0.0025 0.1418 0.0500 0.00094 0.0200 0.0005 — 微着色	隔膜法(D.S.E)加精制 50.71 0.00593 0.00355 0.0041 0.01210 0.00092 — — — —

表四 水银碱、隔膜碱与离子交换膜碱生产技术的比较 1978.5.28旭化成提出

项	目	单	位	离子交换法	隔	膜	法	水银法	
1		2		3	4		5	6	
一、电	槽			旭化 成	H-4		Glanor V-11-44	金属阳极	
1. 电 流		KA		10.8×80	150		72×11	277.5	
2. 总电流		KA		864	150		792	277.5	
3. 电极压降		V		3.75×80	3.85		3.6	4.49	
4. 电槽压降		V		300	3.85		39.6	4.49	
5. 电流效率		%		93	96.6		96	96.5	
6. 电 耗		DCKWH/TNaOH		2703	2671		2513	3119	
7. 单台电解槽能力		TNaOH/台·年		10070	1816		9529	3356	
二、消耗定额(100%NaOH计)					按扩张阳极及改良隔膜比较				
1. 盐		吨		1.495	1.585			1.495	
2. 电耗		KWH		2881	2580			3297	
3. 蒸汽		吨		0.7	3.6(现可降至2.8吨)				0.1
三、按日本条件的可比成本		日元/吨100%碱		41841	44861			42202	
四、建筑面积(按12万吨/年比较)		m ²		1400	2800			2300	
占地面积		m ²		2700	7250			3000	
五、液碱产品质量: NaCl		%		0.0063	1.0~1.5			0.0043	
(NaOH: 48~50%) Na ₂ CO ₃		%		0.04	0.1~0.3			0.04	
SiO ₂		%		0.000414	0.018~0.05			0.0028	
Al ₂ O ₃		%		0.00009	0.0013~0.003			0.00025	
CaO		%		0.0009	0.0017			0.0001	
Fe		ppm		0.35	0.5			0.28	
ClO ₂		ppm		<50	1000			0	

表五 水银法、隔膜法、离子交换膜法生产烧碱的比较
(1978.6.3三井物产氯工程公司, 三井造船联合提出按NaOH 20万吨/年规模比较)

项 目	单 位	水 银 法	隔 膜 法	离子交换膜法	离子交 换膜法
1	2	3	4	5	6
一、电槽型号		DeNora 30m ²	Glanor 7-11-44	Diamond MDC-55	Diamond (-chlorine) 现 在
二、电 流	KA	400	72	115	200
电 流 密 度	A/dm ²	121.4	19.8	20.9	29.8
电 流 效 率	%	96~98	96~97	94	94
电 极 电 压 降	V	46	3.6×11	3.3	—
电 槽 压 降	V	—	39.6	—	4.0
电 耗	KWH/T.NaOH	3210	2513	2353	2496
单 台 电 解 槽 能 力	TNaOH/天	13.9	27.3	3.9	6.4
电 解 槽 台 数	台	44+(2)备用	11×2+(2)	76×2+(4)	44×2+(2)
电 解 槽 重 量	吨/台	10	36	6	9
电 槽 尺 寸 (宽×长×高)	米	2.7×15×0.5	3.5×5.3×2.7	16×3×2	2.5×2.4×2
三、消耗定额(每吨烧碱)					
盐	T	1.53	1.55	1.55	1.53
蒸 汽	T	0.05	2.8	2.9	0.3
电 DC	KWH	3210	2513	2353	2979
AC	KWH	130	210	210	130
工业水	T	10	200	200	200

续表

项 目	单 位	水 银 法	隔 膜 法	离 子 交 换 膜 法	离 子 交 换 膜 法
1	2	3	4	5	6
冷冻水	T	—	5.3	5.3	—
纯水	T	1.5	—	—	1.3
四、成本(按日本条件)	日元/TNaOH	49939	50754	50998	48310
其中能量费用	日元/TNaOH	34688	36384	35036	27759
五、液碱质量 NaOH	%	50	50	50(隔膜碱精制后)	50
NaCl	%	0.002~0.005	1.03~1.10	0.08	0.003~0.007
Na ₂ CO ₃	%	0.04~0.05	0.1~0.2	0.15	0.005
Na ₂ SO ₄	%	0.001~0.003	0.015~0.02	0.03	0.02
NaClO ₃	%	0.00008~0.0001	0.06~0.10	0.0002	0.006~0.008
六、氯气质量 Cl ₂	Vo1%	99~99.5	Glanor 97~99	MDC-55 96.5~98	97~99
O ₂	Vo1%	0.2~0.25	0.5~2	1~3	1~3
七、投资估算	日 元	190亿 (折0.81亿美元)	200亿 (折0.855亿美元)	未 定	83吨/年 100亿日元

表六 烧碱技术经济指标比较

序号	项 目	单 位	De Nora 水银法		Glanor 隔膜法			Diamond Shamrock 隔膜法		
			33M ₂ 型		V-11-44 型			MDC-55 型		
			典型数据	鹿岛电解	典型数据	旭硝子鹿岛	东洋曹达	典型数据	氯工程公司推荐	德山曹达
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	规 模	NaOH/T/Y	26.4		16.5	16.5	16.5	12.1		12.1
2	电解槽台数	台	53		18	18 (实际开13台)	18 (实际开13台)	90		90
3	电 流	KA	450	361	72	72	72	75	115	75—110
4	阳极面积	m ²	36.23	36.23	36.5	36.5	36.5	54.8	54.8	54.8
5	电流密度	A/dm ²	124.2	99.64	19.75	19.75	19.75	13.7	20.9	13.7—20.1
6	电槽电压降	V/槽	4.63	4.2—4.3	3.6×11	(3.54—3.6)×11	3.59×11	3.0	3.3	过去平均3.05—3.13 2.99—3.04 (最大)
7	电流效率	%	96—98		96—97		95—96	96.5	94	94—95
8	电 耗	DC-KWH/T 碱	3230		2513	2500—2600	2500	2127	2353	2113
9	隔膜寿命	月			15—18		12	12—20		12—20
10	单台电解槽生产能力	TNaOH/台·年	~5000		9000~10000			862	~1300	862—1300

续表

序号	项 目	单 位	DeNora水银法		Glanor 隔膜法			Diamond Shamrock 隔膜法		
			33M ₂ 型		V-11-44 型			MDC-55 型		
			典型数据	鹿岛电解	典型数据	旭硝子鹿岛	东洋曹达	典型数据	氯工程公司推荐	德山曹达
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
11	检 修						每台一年 检修一次			
12	电解液 NaOH		45—50% (wt)	51%	130—140 k/l		130k/l	130—145 g/l		
	NaCl		<0.005%	0.005%	180—210 k/l			175—210 g/l		
	NaClO ₃			0.0001%	0.04—0.1 k/l			0.05—0.25 g/l		
	Na ₂ CO ₃		<0.15%	0.05%				痕 迹		
	Na ₂ SO ₄			0.003%				0—7g/l		
	Fe			0.0003%				<0.05ppm		
13	氯 气 Cl ₂	Vol%	98—99.3	99.3	97—99	97.83		96.5—98	96.5—98	>97
	CO ₂	Vol%	0.2—0.4	0.38	0.3—0.5	0.4		0.1—0.3	0.1—0.3	<0.15
	H ₂	Vol%		0.2 (<0.1%)	0.1—0.4	0.07		0.1—0.5	0.1—0.5	<0.1
	O ₂	Vol%		0.2		1.6		1—3	1—3	<0.02
	N ₂	Vol%		0.4		0.1				

续表

序号	项 目	单 位	DeNora水银法		Glanor 隔膜法			Diamond Shamrock 隔膜法		
			典型数据	33M ₂ 型 鹿岛电解	典型数据	旭硝子鹿岛	V-11-44 型	典型数据	MDC-55 型 氯工程公 司推荐	德山曹达
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
14	氢 气 H ₂ O ₂	Vol% Vol%	99		99.9			99.8 0.1		
15	盐水质量 NaCl Na ₂ SO ₄ NaOH Na ₂ CO ₃ CaO MgO pH	g/l g/l g/l g/l ppm ppm	(70—76℃) 305—310 <20 <10 <1 3.5~4.5		315—325 0—5 0.1—0.2 0.5—0.6 5 1			(75℃) 320 <5 } <10 2.5—3.5		

续表

序号	项 目	单 位	Hooker	离 子 交 换 膜 法		
				旭 化 成	德山曹达	名古屋、住友化学氯化工程 DCM-424
			12	13	14	15
1	规 模	NaOH万T/年		8(复极)	1(复极)	(单极)
2	电解槽台数	台		5台 1万T/年 6台 0.5万T/年	3	
3	电 流	KA	150	108		200
4	阳极面积	m ²	63.8	1.2×2.4m 2.7m ² (有效) 膜 80片(80槽)	未告诉尺寸 2.75m ² 40片(24槽)	1.2×2.4m 2.7m ² 膜 46片(24槽)
5	电流密度	A/dm ²	23.5	40		29.8
6	电槽压降	V/槽	3.85	3.75		4.0
7	电流效率	%	96.6	93		90
8	电 耗	DC-KWH/T 碱	2566	2703	与水银碱相近	2980
9	隔膜寿命	月	200~320天	膜的寿命二年左右	估计二年	
10	单台电解槽生产能力	TNaOH/台·年	1640	~10070	3660	
11	检 修			阴极未检修过 阳极估计4—6年	77年3月以来一直运行正常	

序 号		项 目	单 位	Hooker	离 子 交 换 膜 法		
				H-4型			
				典型数据	旭 化 成	德山曹达	名古屋、佳友化学氯化工程 DCM-424
				12	13	14	15
12	电 解 液	NaOH NaCl NaClO ₃ Na ₂ CO ₃ Na ₂ SO ₄ Fe		电 解 液 → 碱 液 11.6% → 50% 16.2% → 1% 0.01% → 0.05% → 0.15% 0.4% → 0.02%	电 解 液 → 碱 液 21.6 → 48% 0.002 → 0.0063% → 50ppm 0.02 → 0.04% SiO ₂ -0.0002 → 0.0004% Al ₂ O ₃ 0.00004 → 0.00009% CaO 0.00004 → 0.00009% Fe 0.00013 → 0.00035%	电 解 液 → 碱 液 20—25% → 48% → 100ppm ClO ₃ ⁻ <50ppm Ca <1ppm Mg 0.15ppm Fe 1—2ppm SO ₄ ²⁻ 15ppm	
13	氯 气	Cl ₂ CO ₂ H ₂ O ₂ N ₂	Vol% Vol% Vol% Vol% Vol%	97.2 0.2 0.39 1.42 0.79	99.27 0.14		97—99 痕 迹 0.05
14	氢 气	H ₂ O ₂	Vol% Vol%	99.8—99.9			99.9
15	盐 水 质 量	NaCl Na ₂ SO ₄ NaOH Na ₂ CO ₃ CaO MgO pH	g/l g/l g/l g/l ppm ppm pH	315—325 6.4 0.06—0.12 0.4—0.52 5 1 10.5—11			70—75℃ 300±5 30 H ₃ PO ₄ 300ppm HCl 1.5—2g/l Ca + Mg <1ppm

表七 三效逆流与四效逆流蒸发的比较 (日本石川岛播磨提出)

一、液 碱

组	成	原	料 (90℃)	成	品
NaOH			130g/l		49±1%wt
NaCl			197g/l		1.1%wt 最大
Na ₂ SO ₄			4g/l		

二、技术经济指标 三效逆流与四效逆流的比较

项	目	单	位	三 效 逆 流			四 效 逆 流					
				闪蒸效	No.1	No.2	No.3	闪蒸效	No.1	No.2	No.3	No.4
1		2		3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.	液体温度	℃		85	143	88	54	85	168	109	75	50
2.	蒸汽压力	mmHg柱		50	760	210	50	50	1500(正压)	430	160	50
3.	NaOH 浓度	wt%		49.3	45	27	17.5	49.3	42.9	25	16.7	12.3
4.	NaCl 含量	wt%		2.4	5.5	8.5	13.5	2.4	7.2	9.9	14.5	17
5.	蒸发器 直径	M		2.6	6	6	8.2	2.6	4.8	4.8	4.8	6.4
6.	加热器 面积	m ²		—	580	1500	1500	—	500	500	1200	1200
7.	材 质			Ni	Ni	不锈钢	不锈钢	Ni	Ni	Ni	不锈钢	不锈钢
8.	蒸汽耗额 按100%NaOH计	T/T			2.8	8~9kg/cm ² ·G			2.2	10~13kg/cm ² ·G		
9.	蒸汽压力 投资估算	亿日元			36亿日元	(2770万人民币)			41亿日元	(3154万人民币)		
10.	经营费比较	亿日元				(1539万美元)			一年节省2.7亿日元			

三、讨论蒸发应争取四效逆流蒸发流程。