

# 道路と水と及防水材料

西川榮三

地球の半ば以上は水を以つて蓋はれ、水は雨となり雪となり、霧霜雹霰等となり、沼澤河川湖海温泉地下水等となつて、地上地下大氣中到る所に存在して、一面に於て吾人の生活に一日も缺くべからざるものであると共に、時としては、生命財産をもおびやかす、脅威ともなることは我々の常に眼にし耳にして居る所である。道路に於ても、其の築造維持に當り水を必要とすること多きと共に、又水によりて破壊損傷を受くることがあり、實に水と道路とは之を切りはなして考へることの出来ない事柄であることも、道路技術者の齊しく認めて居る所である。道路及其の附屬物と水との化學的關係を調べて見るのも無意義の事ではない様である。

凡そ水の影響する所を考へてみると、次の如くである。

1. 水のセメント、モルタル、コンクリート等に及ぼす影響
2. 水の鐵材に及ぼす影響
3. 水の木材に及ぼす影響
4. 水の瀝青質材料、瀝青質混合物に及ぼす影響

## 5. 水の土壤其の他に及ぼす影響

等之である。而して天然に存在する水には、純粹なる水 ( $H_2O$ ) の他種々の物質を溶解し、或は含有して居つて、其の含有成分の種類及量によりて、其の影響に著しい差が生ずる。

## 第 1 節 天然水の成分

天然水中にはいろいろの物質が含まれて居ることがある。之を例示して見ると、次の如きものの中のいつれかが考へられる。これ等のものすべてが、如何なる水にも存在して居るのではないことは勿論である。

### (1) 比較的普通に存在する物質

1. 酸 類 酸類としては、炭酸、硫酸、鹽酸、珪酸等が考へられる。而して之等のものは多くの場合鹽類として存在するが、時として遊離酸の存在する水もある。ことに遊離炭酸を含む水は所々に存し、又遊離硫酸を食む水も時として見られる。硫酸にしても炭酸にしても遊離状態にあるものは、セメント、コンクリート等に有害で、セメントを溶出して去る働きのあることは衆知の事實である。鹽類としては、硫酸鹽は其の多量に含まる時は、コンクリートに對して、特種の悪作用を行ふことも昔よりよく知られた事柄である。

2. アルミニウム アルミニウムは酸化アルミニウム或は硫酸アルミニウムとして存在する。硫酸アルミニウムは、水によく溶解し、これまたセメントの害物である。

3. 鐵 鐵は炭酸鐵、重炭酸鐵、硫酸鐵、酸化鐵等として存在し、この中硫酸鐵、重炭酸鐵等は溶解しやすい。

4. カルシウム カルシウムは、炭酸カルシウム、鹽化カルシウム、硫酸カルシウム、燐硫カルシウムとして存在する。カルシウム鹽類を多く溶存する水は乳劑と混合する時は其の分解を引き起すものであるから、混合用乳劑使用に當つて、かゝる水で碎石を潤すが如き事は考へなければならぬ。

5. リシウム リシウムは、炭酸リシウム、重炭酸リシウム、硫酸リシウム、鹽化リシウム等として存在する。

6. マグネシウム 硫酸マグネシウム、炭酸マグネシウム、重炭酸マグネシウム、鹽化マグネシウム等として存在する。硫酸マグネシウム、鹽化マグネシウム等を溶存する水は、セメント、コンクリートに害がある。

7. カリ 炭酸カリ、重炭酸カリ、鹽化カリ、硫酸カリ、燐酸カリ等として存在する。

8. ナトリウム 鹽化ナトリウム、炭酸ナトリウム、重炭酸ナトリウム、或は硫酸ナトリウムとして存在する。

9. 珪素 シリカ、重炭酸珪素等として存在する。

### (2) 稀に存在する物質

稀に存在する物質としては、次の如きものが數へられる。

1. 酸 クレニツク (Orenic)、アポクレニツク (apocrenic)……多くの場合鹽類として存在する。

2. アンモニア 硝酸アンモニア、鹽化アンモニア等として存在する。

硫酸アンモニアは、セメント、コンクリート等に有害のものであるが、天然水中には存在しないのは幸である。

3. アンチモン 酸化アンチモン、硫酸アンチモンとして存在する。

4. 珪素 ナトリウム及カリウム等のソーセネート、亜硫酸等として存在する。



Fe	④	①	②	③	①			
Ti		①	②	③	④			
Mg		②	③	①	④			
K		②	①	④	③			
Na		②	③	④	①			
Si	①		②					

H					X	X		
NH <sub>4</sub>					X		X	
Sn	X			X				
As							X	
Ba	X			X				
Ca								
Ce				X				
O				X				X
其他	ロバルト、銅、鉛、ルビジウム、ストロンチウム、亜鉛、等							

備考 ○印は普通に存在するもの ×印は稀に存在するもの

## 第 2 節 海 水

土木築造物は時として海水中に浸漬せられることがあり、又海水のしぶきを受け、又海氣を受ける事等があるので、か

る建築物は直接、間接に海水成分の影響を受けるものであるから、海水については充分其の成分を知つて置く必要がある。建築物に使用せるセメント；モルタル；コンクリート、鐵材、木材、塗裝材等すべて何等かの影響なしには通されない。

海水の成分は、其の場所に依つて異なるから一概に之を一定したものととして掲げる譯にゆかないが、其の2~3例を擧げて見ると

第 2 表 海 水 成 分 mg/liter (百萬分率)

	(1)	(2)	(3)
$CaSO_4$	1,200	181.2	39.6
$MgSO_4$	2,200	2,637.7	2,831.5
$MgCl_2$	2,400	2,370.1	2,132.1
$NaCl$	29,100	23,290.5	22,980.4
$KCl$	.....	966.3	956.4
$SiO_2$	.....	1.6	1.2
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	.....	3.6	3.6
$CaCO_3$	.....	780.4	844.2

(1) は Speller, Corrosion, Causes and its Prevention p 430 に掲げられたる所、(2) は Boston 港海水の成分、(3) は滿潮時に於ける同港海水成分の 1 例である。尚之を全固形物、其の他及各イオンについて見るに第 3 表の如くである。

第 3 表 海 水 成 分

	(1)	(2)
比 重	1.0220	1.0217
全固形物	32,100 <i>mg/liter</i>	31,820 <i>mg/liter</i>
SiO <sub>2</sub>	1.6	1.2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.6	3.6
Ca	365.9	354.5
Mg	1,138.7	1,117.1
K	508.6	503.4
Na	9,163.0	9,041.0
SO <sub>4</sub>	2,232.2	2,286.6
Cl	16,350.0	15,980.0

(1) は Boston 港海水にして 1916 年 2 月 1 日採取せる試料 (2) は其の満潮時に於けるもので、A. E. Ballbert の分析による。

之によれば、Boston 港海水は比重 1.02 強、其の中の溶解物質の總量は約 3.2% で、この中最も多きを占むるものは、金屬イオンとしては、ナトリウム、陰イオンとしては鹽素であることは衆知の事であるが、其の外に考慮に入れなければならぬ事は相當多量の硫酸根 (SO<sub>4</sub>) を含むことである。其の量は上記の例では 0.22~0.23% に達して居る。ナトリウム以外の金屬として注目すべきは、マグネシウム (約 0.11%) につき、カルシウム及カリウム (Ca 及 k) である。

尙各海洋の海水の組成については、西川虎吉氏及前田碧氏（九大集報8年8月8卷3號p118~156）中に詳細なる記事がある。これは前後3回に亘つて採取せる各海洋の海水試料125種について周密なる分析を行つたもので、我々に取つては頗るよい参考試料となることと思ふ。其の中の最高、最低値のみを取りまとめて見ると次の様になり、大體に於て海洋海水の成分が如何なるものであるか、どの位の相違があるものなるかの見當がつくと思ふ。

第4表 各海洋の比重、成分の最高最低値 *mg/liter*

	第1回試料				第2回試料				第3回試料			
	比重	最高	最低	比重	最高	最低	比重	最高	最低			
<i>Cl</i>	1.0300 1.0223	22,386	15,983	1.0309 1.0223	22,941	16,510	1.0309 1.0209	22,795	15,840			
<i>SO<sub>4</sub></i>	1.0300 1.0213	3,184	2,345	1.0309 1.0223	3,366	2,391	1.0309 1.0209	3,285	2,259			
<i>Ca</i>	1.0300 1.0213	485	362	1.0309 1.0223	493	364	1.0309 1.0217	500	355			
<i>Mg</i>	1.0300 1.0213	1,513	1,080	1.0309 1.0222	1,601	1,170	1.0290 1.0209	1,463	1,048			
<i>Na</i>	1.0300 1.0213	12,314	8,882	1.0309 1.0223	12,669	9,111	1.0309 1.0309	12,808	8,785			
<i>K</i>	1.0300 1.0229	396	302	1.0309 1.0243	400	300	1.0309 1.0217	397	299			

之を要約すれば第5表の如くである。即比重に於ては0.01の差違あり、各成分については其の最高値に對して、30%内外の差違は認められる。



## 第 5 表

比 重	1.0309~1.0209	
Cl	22,941~15,840 mg/liter	(31%)
SO <sub>4</sub>	3,283~ 2,259 "	(31%)
Ca	500~ 355 "	(29%)
Mg	1,601~1,048 "	(35%)
Na	12,808~ 8,787 "	(31.5%)
K	400~ 299 "	(25%)

尙海水の成分は其の深さによりても異なるものである。上記の数字は表面に近き所に於けるものについてである。之等の中、ホルトランド・セメントに對して、悪影響を及ぼす成分としては、SO<sub>4</sub>、Mg、Na、K 等で、ことに SO<sub>4</sub> の量が 0.328~0.226% の多量に及んで居ることは、海水工事用コンクリートを施工するに際して忘れてはならない所であらう。(MgSO<sub>4</sub>、Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 等のコンクリートに對する影響についてはかつて本誌に於て述べた所である) 而して海水が蒸發して残る成分中に鹽化マグネシウム (MgCl<sub>2</sub>) 硫酸マグネシウム等の鹽類が生ずるものとすれば、之等は潮解性にして空氣中の濕氣を呼びやすいから、海水が鐵材を濕し或は乾燥するが如き所に於ては腐蝕を受けやすいことも考へらるゝ所である。海氣にさらさる鐵筋コンクリート中の鐵筋が腐蝕を受けたる例あるなども、海水中の成分が海氣中に含まるゝによるものかとも考へられる。

## 第 3 節 湖 水 の 水

湖水の水には淡水あり、又鹽水あることは世人のよく知る所である。本邦には鹽水湖の例は少いが、米北ミシガン州 Dundee 湖及 Medicine Lake の例をあぐれば次の如くである。

第 6 表 鹽類湖の水の成分例 *mg/liter*

	Medicine Lake	Dundee Lake (1)	Dundee Lake (2)
全固形物	36,740	1,577	1,494
<i>Cl</i>	509	21.5	65.0
<i>SO<sub>4</sub></i>	27,021	980.0	625.0
<i>NO<sub>3</sub></i>	1		
<i>Ca</i>	717	298	247.0
<i>Mg</i>	5,079	120.4	92.2
<i>Na</i>	3,036	} 10.6	} 37.2
<i>K</i>	.....		
<i>CO<sub>3</sub></i>	88		
<i>HCO<sub>3</sub></i>	313	258	410
<i>SiO<sub>2</sub></i>	.....	17.6	17.6
<i>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i>	.....	<i>trace</i>	90.4

湖水の水の成分は海水とはことなり、其の土地によつて全くことなることは上記の1例に見ても分る。Medicine 湖の如きは、全く特別の水にして全固形物の量は海水にもまさり、而して其の大部分を占むるものは、*SO<sub>4</sub>* 及 *Mg*, *Na* であ

つて、セメントに對しては最も悪影響のある水である。従つてこの水はセメントの耐侵蝕試験の供試水として利用せられて居る程である。

#### 第 4 節 温泉、冷泉等の水

温泉、冷泉等の水の中酸化セメントに對して有害なる成分を含むもののみを例示すれば次の如くで、其の成分の種類は場所により異り、其の量も著しく相違して居る。其の全固形物の量よりいへば、時には海水にも優るものがあり、又遊離の酸を含みて侵蝕性はげしきを思はせるものもある。之等の地方に於て、之等に類似する地下水の湧出、滲出するが如き場所に於て墜道其の他の工事を行はんとすれば、コンクリート建築物の耐久性についても相當考慮をめぐらす必要のあることもあらう。

第 7 表 温泉、冷泉の水の成分 *mg/liter*

番 號	名 稱	府 縣	所 在	主成分	成 分	分 量
						<i>mg/liter</i>
1	駒 込 鑛 泉	青 森	東津輕、造道村、大字駒込字深澤	$H_2SO_4$	$H_2SO_4$	359.6
2	淀 ヶ 關 鑛 泉	"	南津輕、淀ヶ關、東淀ヶ關山、 國有林内	$CO_2$	$CO_2$	1491.6
3	長 後 鑛 泉	"	下北、佐井村、長後、籠道石、 有林内	$H_2SO_4$	$H_2SO_4$ , 318.0 $H_2SiO_3$	
4	須 川 鑛 泉	岩 手	西磐井、隈美村、五串、須川、	$H_2SO_4$	$H_2SO_4$ , 427.8 $HBO_2$ , 25.5	$H_2SiO_3$ , 252.5

5	池黒澤温泉鹿湯	秋田	仙北、田澤村、玉井、金倉澤、池黒澤	HCl H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HCl 2,549.7 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 42.4	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 424.7
6	鎌先温泉	宮城	刈田、福岡村、藏本、鎌先一番の51番地	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> HBO <sub>2</sub> CO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 1,698.7 CO <sub>2</sub> 149.0	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 159.3
7	車湯温泉	"	玉造、温泉村、鳴子、車湯 18	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 985.8	Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 7.8
8	鳴子温泉	"	" " " 湯元	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 339.7 Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 863.0	
9	文字鑛泉	"	栗原、文字村、文字上二本木 59	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 158.7	
10	飯坂温泉	福島	信夫、飯坂村、西畑切41、大湯別邸内	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> CO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 554.2 CO <sub>2</sub> 13.2	
11	土湯温泉	"	信夫、土湯村、入野地	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 686.5	
12	朝日鑛泉	"	南會津、朝日村、黒澤	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Fe <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 1,787.5 Fe <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 3,325.7	
13	盤梯山鑛泉	"	耶麻、檜原村、盤梯山 1,168	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 577.5	CaSO <sub>4</sub> 1,550.3
14	小見鑛泉	山形	西村山、左澤町、字小見	其の他硫酸鹽	MgSO <sub>4</sub> 899.0 Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> 1,495.2	FeSO <sub>4</sub> 876.5 Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> 3,576.8
15	月山澤鑛泉	山形	西村山、本道寺村、月山澤、御堂ヶ岳	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 145.6	CaSO <sub>4</sub> ……
16	關谷 " "	"	鹽谷、爺根村、關谷、片角	其の他硫酸鹽	M SO <sub>4</sub> 1,204.0	FeSO <sub>4</sub> 3,158.6
17	鹽原大綱温泉	"	鹽原村、下鹽原、大綱	CO <sub>2</sub> CaSO <sub>4</sub> MgSO <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub> 1,082.4 CaSO <sub>4</sub> 933.1 MgSO <sub>4</sub> 842.2	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> 2,285.5 Mg(OH) <sub>2</sub> 7.7

18	那須湯本(元湯)	〃	那須、那須村、湯本	$H_2SO_4$ $Al_2(SO_4)_3$	$H_2SO_4$ 1,053.8 $H_2S$ 10.5	$Al_2(SO_4)_3$ 832.8
19	草津湯畑温泉	群馬	吾妻、草津町	$H_2SO_3$ $HCl$	$H_2SO_4$ 2,167.4 $HCl$ 308.5	
20	萬座温泉 若湯	〃	嬭懸村、小俣熊四郎	$H_2SO_4$	$H_2SO_4$ 326.3	
21	湯の火潭温泉	神奈川	足柄下、元箱根村、湯の花潭 121 番地の口麓	$H_2SO_4$ $H_2S$	$H_2SO_4$ 220.2 $H_2S$ 183.7	
22	大湧谷温泉	〃	〃	$H_2SO_4$ 及 $Fe$ 及 $Al$ 硫酸鹽	$H_2SO_4$ 494.0 $FeSO_4$ 4,902.5	
23	鈴原温泉	静岡	田方、中野野村、本柿木、鈴原 294	$Na_2CO_3$ , $Mg$ の硫酸鹽	$Al_2(SO_4)_3$ 6,494.5 $Na_2SO_4$ 1,669.7 $MgSO_4$ 60.2	$CaSO_4$ 1,377.5
24	眞木鑛泉	山梨	北都留、眞里村、眞木 4159 番地	$H_2SO_4$ 及 $Fe$ , $Al$ , $Ca$ の硫酸鹽	$H_2SO_4$ 366.5 $CaSO_4$ 886.4	$Fe_2(SO_4)_3$ 704.3 $Al_2(SO_4)_3$ 2,233.1
25	山の神鑛泉	長野	諏訪、下諏訪町、山の神澤より赤 旗山麓まで 3123 番地甲 14 號	$H_2SO_4$ 及 $Fe$ 及 $Al$ の硫酸鹽	$H_2SO_4$ 660.0 $Al_2(SO_4)_3$ 1,161.0	$Fe_2(SO_4)_3$ 2,468.0
26	入山邊温泉	〃	東筑摩郡、入山邊村、8965 番地御 旗山	〃	$H_2SO_4$ 97.3 $Al_2(SO_4)_3$ 804.3	$Fe_2(SO_4)_3$ 2,348.2
27	小坂温泉	岐阜	益田郡小坂町、澗河川 2576 番地 の 1 山林内	$Na_2SO_4$ $Mg(HCO_3)_2$ $CO_2$	$Na_2SO_4$ 803.5 $Mg(HCO_3)_2$ 505.5 $CO_2$ 428.3	

28	磯邊鑛泉	富山	米見、八代村、磯邊、平地帯、山脈	$H_2SO_4$ 及 $Ca, Mg$ $Fe, Al$ の 硫酸鹽	$H_2SO_4$ 30.7 $MgSO_4$ 758.8 $Fe(SO_4)_3$ 4,576.0	$CaSO_4$ 524.4 $FeSO_4$ 255.4 $Al_2(SO_4)_3$ 824.1
29	三石鑛泉	岡山	和氣、三石町、八木山、網敷、735番地	$H_2SO_4$ 及 $Na, Mg, Al$ $Fe$ の硫酸鹽	$H_2SO_4$ 373.8 $MgSO_4$ 1,221.0 $Fe_2(SO_4)_3$ 16,349.1	$Na_2SO_4$ 537.5 $Al_2(SO_4)_3$ 39,594.4
				同	$Fe_2(SO_4)_3$ 13,450.0 $CaSO_4$ 2,456.0	$Na_2SO_4$ 553.4 $MgSO_4$ 36.1
30	鶴海鑛泉	岡山	和氣、三石町、八木山、網敷、735番地	同	$H_2SO_4$ 512.4 $H_2SO_4$ 205.3	$Al_2(SO_4)_3$ 1,522.0 $H_2SO_4$ 2,406.0
				同	$H_2SO_4$ 及 其の $N_2$ $Fe, Al$ 鹽類	$Fe_2(SO_4)_3$ 18,870.0 $Al_2(SO_4)_3$ 11,290.0
31	別府鑛泉	大分	透見、別府町、別府一の呂 3439番地	$Fe_2(SO_4)_3$ $Al_2(SO_4)_3$	$Fe_2(SO_4)_3$ 3,982.4 $Al_2(SO_4)_3$ 324.2	
				$H_2SO_4$ $NaCl$	$H_2SO_4$ 304.7 $NaCl$ 2,067.8	
				$HCl$ $NaCl$	$HCl$ 221.4 $NaCl$ 1,323.8	
				$Na_2SO_4$ $MgCl_2$	$Na_2SO_4$ 936.2 $MgCl_2$ 124.5	

御手洗溫泉 " " の池地獄

海地獄溫泉 " " 朝日村、海地獄

32	信行寺鑛泉	下毛郡、東城井村、西屋形、小竹 信行寺棟裏	$Ca, Mg, Al$ の硫酸鹽	$CaSO_4$ 1,821.0 $Al_2(SO_4)_3$ 1,296.9	$MgSO_4$ 1,664.6
33	天徳鑛泉	佐賀 小城、多元村、永池山仁田小池	$H_2SO_4$ 及 $Ca, Mg, Fe, Al$ の硫酸鹽	$H_2SO_4$ 466.2 $MgSO_4$ 2,027.0 $Fe_2(SO_4)_3$ 6,840.0	$CaSO_4$ 2,826.0 $Fe_2SO_4$ 5,710.0 $Al_2(SO_4)_3$ 7,089.0
34	硫黄山鑛泉	大分 速見、北由布村、塚原硫黄山	$H_2SO_4$ 及 其 $Na, Ca$ $Mg, Fe, Al$ 鹽類	$H_2SO_4$ 601.3 $H_2SO_4$ 6,209.4 $CaSO_4$ 1,601.0 $FeSO_4$ 841.0 $Al_2(SO_4)_3$ 4,832.2	$Na_2SO_4$ 739.6 $MgSO_4$ 211.0 $Fe_2(SO_4)_3$ 236.5
35	カモエヒヤセキ温泉	北海道 千島、紗那、紗那村指橐園有林内	$H_2SO_4$ $H_2SO_4$ 及 $Fe, Al$ の 其の鹽類	$H_2SO_4$ 3,337.0 $H_2SO_4$ 1,806.3 $Fe_2(SO_4)_3$ 12,931.7	$Fe_2SO_4$ 1,892.3 $Al_2(SO_4)_3$ 4,574.4
36	赤山見里鑛泉	朝 鮮 慶尙南道昌原郡熊南面赤山見里	$H_2SO_4$ 及 $Fe, Al$ の 其の鹽類	$H_2SO_4$ 1,918.0 $Fe_2(SO_4)_3$ 32,400.0 $Al_2(SO_4)_3$ 239.7	$Fe_2O_3$ 2,628.0 $Al_2(SO_4)_3$ 6,490.0 $Na_2SO_4$ 1,356.0
37	懸鐘山鑛泉	〃 〃 統營部山陽面永進里懸鐘 山山麓	$H_2SO_4$ 及 $Fe, Al, Na$ $Mg$ の其 の鹽類	$H_2SO_4$ 562.1	

これによりて見ると温泉、冷泉中には、遊離の酸としては炭酸鹽酸或は硫酸を、鹽類としてはナトリウム、アルミニウム、鐵、カルシウム、マグネシウム等の鹽化物或は硫酸鹽を含むものかかなりあることが分る。之を言ひかへれば、地下水の中にはかゝる成分を含めるものも可成多いことが想像がつく譯である。従つて温泉、冷泉中には遊離酸を含まざるも、セメントを侵蝕するものあることは考へられる。