

柏崎刈羽原子力発電所5号炉 審査資料	
資料番号	KK5PLM-06 改0
提出年月日	2019年7月18日

柏崎刈羽原子力発電所5号炉
審査会合における指摘事項の回答
(コンクリート構造物及び鉄骨構造物)

2019年7月18日

東京電力ホールディングス株式会社

TEPCO

柏崎刈羽原子力発電所5号炉 審査会合における指摘事項の回答一覧表

No.	指摘事項	回答
17-7 コンクリート構造物及び鉄骨構造物 (2019年6月20日 第17回審査会合)	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリートの塩分浸透 補足説明資料「コンクリート構造物及び鉄骨構造物」の別紙8の潮位変動について、近年の変化傾向も踏まえた上で、現状の条件設定が問題ないことを説明すること。	P.2~3
17-8 コンクリート構造物及び鉄骨構造物 (2019年6月20日 第17回審査会合)	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリートの塩分浸透 補足説明資料「コンクリート構造物及び鉄骨構造物」の別紙9での評価に用いている塩分測定データについて、回帰曲線の作成方法、データの扱い、棄却データの選定について、考え方を説明すること。	P.4~11
17-9 コンクリート構造物及び鉄骨構造物 (2019年6月20日 第17回審査会合)	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリートの機械振動 冷温停止状態において最も振動の影響が大きい機器が評価できていることを、評価対象の選定から整理して説明すること。	後日回答

※17-1~17-6は共通事項にて回答。17-10は耐震安全性評価にて回答。

17-7 コンクリートの塩分浸透（別紙8 潮位変動について 1/2）

【指摘事項】

補足説明資料「コンクリート構造物及び鉄骨構造物」の別紙8の潮位変動について近年の変化傾向も踏まえた上で、現状の条件設定が問題ないことを説明すること。

1. 近年の変化傾向について

1981年から2018年までの潮位変化を図1に示す。

- 1981年から2018年までの朔望平均干潮位は、設計干潮位※1とほぼ一致している。
- 1981年から2018年までの朔望平均満潮位は、1964年～1980年の朔望平均満潮位とほぼ一致している。
- 1981年から2018年までの最高潮位のうち潮位の大きいデータは、設計満潮位※2とほぼ一致している。

※1（1964年～1980年の朔望平均干潮位）

※2（1964年～1980年の朔望平均満潮位＋気象偏差の最大値）

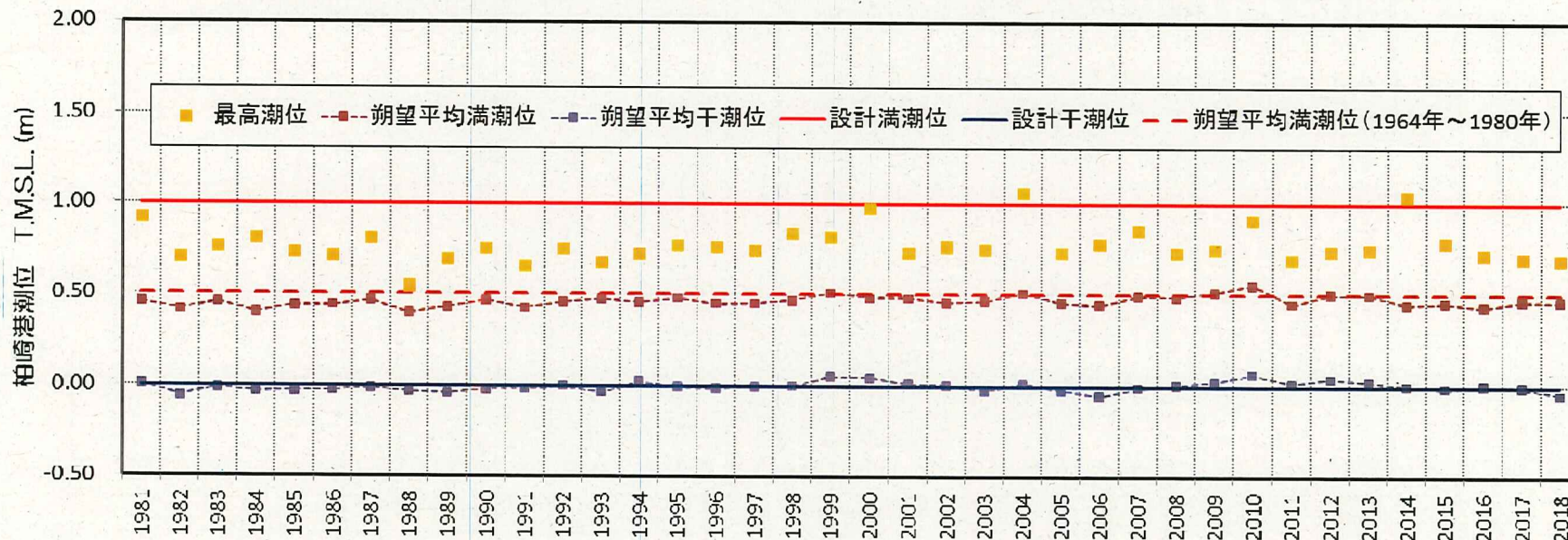


図1 1981年から2018年までの潮位変化

17-7 コンクリートの塩分浸透（別紙8 潮位変動について 2/2）

2. 補足説明資料（別紙8）の条件設定との比較について

最高潮位，朔望平均満潮位，朔望平均干潮位について，別紙8に示した1964年3月～1980年12月の各潮位と，1981年～2018年の各潮位との比較を表1に示す。

これらの期間での朔望平均満潮位及び干潮位の差は4～5cmであり，また，最高潮位では差がないことから別紙8の条件設定は妥当と考える。

表1 1964年～1980年と1981年～2018年の潮位の比較

	1964年～1980年	1981年～2018年	潮位差 (cm)
最高潮位	T.M.S.L. +1.07m	T.M.S.L. +1.07m	0
朔望平均満潮位	T.M.S.L. +0.50m	T.M.S.L. +0.46m	-4
朔望平均干潮位	T.M.S.L. +0.05m	T.M.S.L. -0.00m	-5

17-8 コンクリートの塩分浸透（別紙9 塩分測定データについて 1/8）

【指摘事項】

補足説明資料「コンクリート構造物及び鉄骨構造物」の別紙9での評価に用いている塩分測定データについて、回帰曲線の作成方法、データの扱い、棄却データの選定について、考え方を説明すること。

1. 回帰曲線の作成方法について

回帰曲線の作成方法を以下に示す。

- ①各コアの測定データに対し、最小二乗法により、拡散方程式の解の式を回帰させ、 C_0 及び D_c （以下、「塩分浸透パラメータ」という）を求める。

$$Cl_m = C_0 \left(1 - \operatorname{erf} \frac{0.1c}{2\sqrt{D_c \cdot t_n}} \right)$$

Cl_m : 鉄筋位置における経過年数 t_n (年)の塩化物イオン量 (kg/m³)

C_0 : コンクリート表面における塩化物イオン量 (kg/m³)

D_c : コンクリート中の塩化物イオンの見かけの拡散係数 (cm²/年)

c : かぶり (mm)

t_n : 供用開始からの経過年数 (年)

erf : 誤差関数

- ②各コアの実測値に対する塩分浸透パラメータを算定し、調査箇所ごとにコア3本の塩分浸透パラメータの平均値を求め、塩分浸透における腐食減量の算定に用いる。

各コアの実測値から得られた塩分浸透パラメータとコア3本の塩分浸透パラメータの平均値を表2に示す。また、コアからのデータ採取方法例を図2に、各コアの実測値から得られた塩分浸透パラメータによる回帰状況とコア3本の塩分浸透パラメータの平均値による回帰状況を比較した結果を図3～図6に示す。

17-8 コンクリートの塩分浸透（別紙9 塩分測定データについて 2/8）

表2 各コアの実測値から得られた塩分浸透パラメータと平均値（別紙9の塩分浸透パラメータ）の比較

構造物（部位）	塩分浸透パラメータ	コア①	コア②	コア③	平均
タービン建屋 （1階 東外壁）	表面塩化物イオン量 C_0 (kg/m ³)	0.318	0.366	0.476	0.387
	見かけの拡散係数 D_c (cm ² /年)	0.225	0.139	0.035	0.133
取水構造物 （気中帯）	表面塩化物イオン量 C_0 (kg/m ³)	15.344	21.874	18.091	18.436
	見かけの拡散係数 D_c (cm ² /年)	0.116	0.069	0.086	0.090
取水構造物 （干満帯）	表面塩化物イオン量 C_0 (kg/m ³)	20.474	23.244	19.307	21.008
	見かけの拡散係数 D_c (cm ² /年)	0.249	0.189	0.233	0.224
取水構造物 （海中帯）	表面塩化物イオン量 C_0 (kg/m ³)	5.733	4.911	5.047	5.230
	見かけの拡散係数 D_c (cm ² /年)	0.370	0.312	0.395	0.359

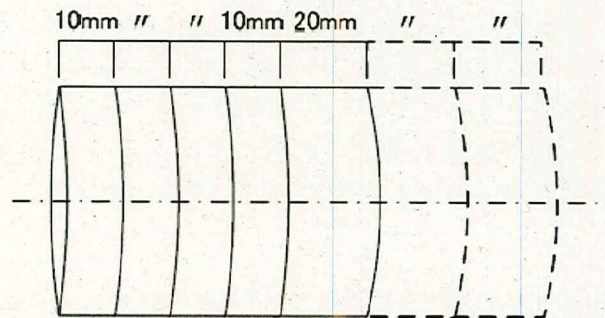


図2 コアのデータ採取方法（例）

別紙9に記載した塩分浸透パラメータ

- 1箇所あたり3試料（3コア）
- JIS A 1154 に準拠して測定を行う。
- 鉄筋位置+20mmまで、表面側から4サンプルを10mm幅で、それ以降を 20mm幅で分割し、それぞれ塩化物イオン量を測定する。

TEPCO

17-8 コンクリートの塩分浸透 (別紙9 塩分測定データについて 3/8)

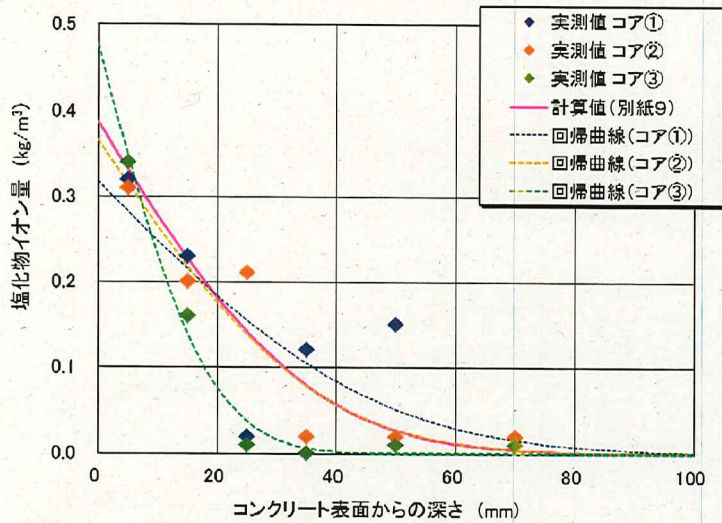


図3 実測値の回帰状況 (タービン建屋)

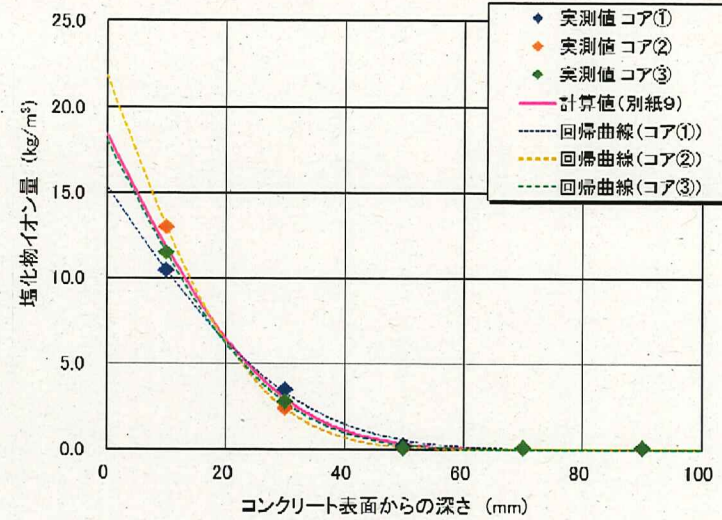


図4 実測値の回帰状況 (取水構造物, 気中帯)

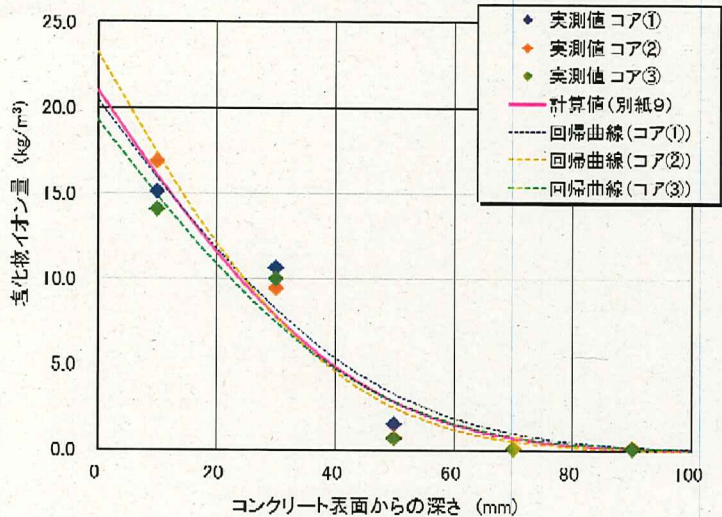


図5 実測値の回帰状況 (取水構造物, 干満帯)

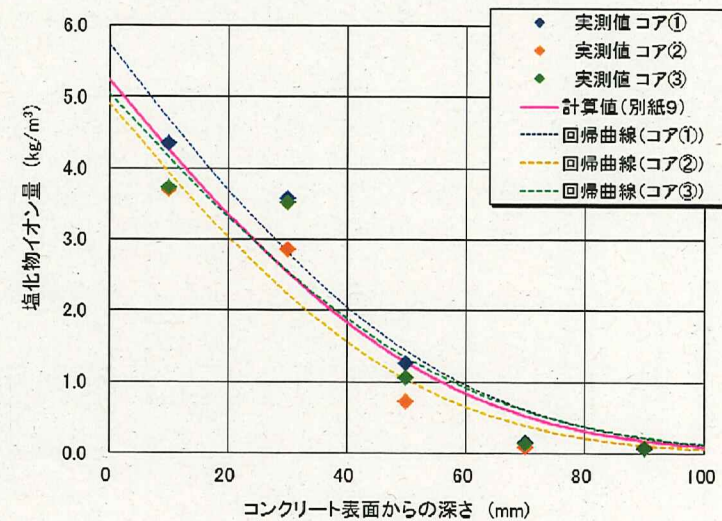


図6 実測値の回帰状況 (取水構造物, 海中帯)

17-8 コンクリートの塩分浸透（別紙9 塩分測定データについて 4/8）

2. データの扱いについて

前述の回帰方法でも、各コアの実測値に基づく回帰を行っていることから、データのバラツキは考慮されていると考えるが、厳密には全データでの回帰ではない。従って、全データで回帰曲線を作成した場合について検討した。検討結果を表3に示す。

表3 塩分浸透パラメータの平均値（別紙9の C_0 及び D_c ）と全データの塩分浸透パラメータの比較

構造物（部位）	塩分浸透パラメータ	別紙9	全データ
タービン建屋 （1階 東外壁）	表面塩化物イオン量 C_0 (kg/m ³)	0.387	0.390
	見かけの拡散係数 D_c (cm ² /年)	0.133	0.086
取水構造物 （気中帯）	表面塩化物イオン量 C_0 (kg/m ³)	18.436	18.263
	見かけの拡散係数 D_c (cm ² /年)	0.090	0.088
取水構造物 （干満帯）	表面塩化物イオン量 C_0 (kg/m ³)	21.008	20.947
	見かけの拡散係数 D_c (cm ² /年)	0.224	0.222
取水構造物 （海中帯）	表面塩化物イオン量 C_0 (kg/m ³)	5.230	5.222
	見かけの拡散係数 D_c (cm ² /年)	0.359	0.360

別紙9の塩分浸透パラメータと、全データでの回帰による塩分浸透パラメータは、タービン建屋の見かけの拡散係数を除き、ほぼ一致している。回帰状況を比較した結果を図7～図10に示す。

なお、タービン建屋の見かけの拡散係数に差異が生じている要因については、取水構造物に比べて相対的に塩化物イオン量が小さいことや、データのバラツキが大きいことが影響していると考えられる。

17-8 コンクリートの塩分浸透 (別紙9 塩分測定データについて 5/8)

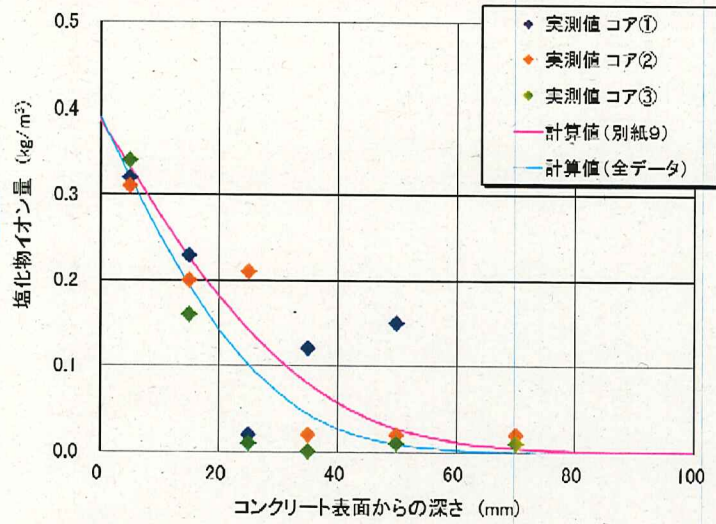


図7 別紙9と全データの回帰状況 (タービン建屋)

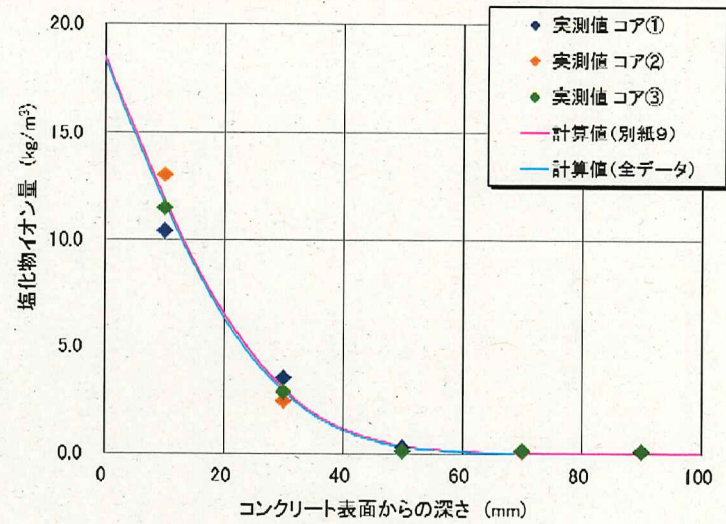


図8 別紙9と全データの回帰状況 (取水構造物, 気中帯)

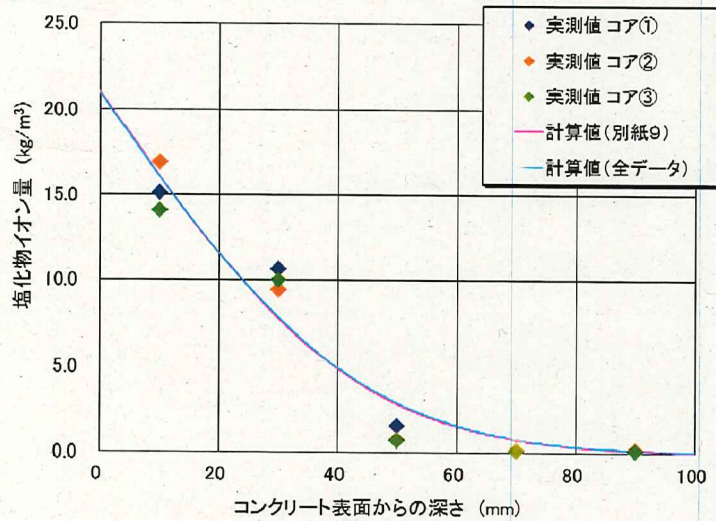


図9 別紙9と全データの回帰状況 (取水構造物, 干満帯)

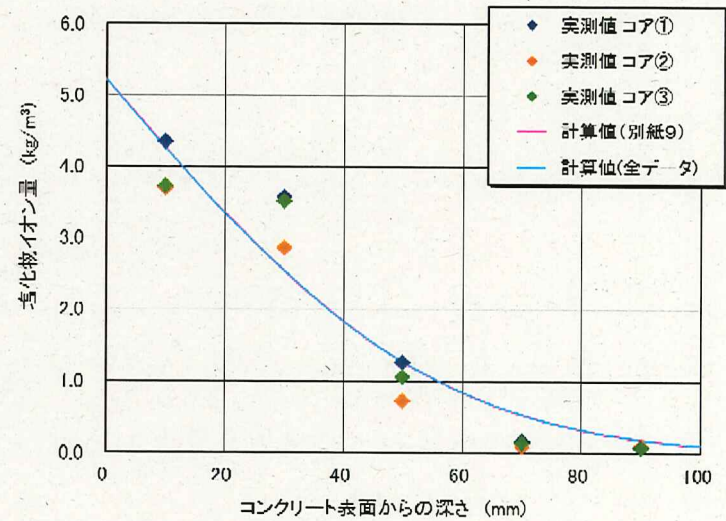


図10 別紙9と全データの回帰状況 (取水構造物, 海中帯)

17-8 コンクリートの塩分浸透（別紙9 塩分測定データについて 6/8）

表3に示した別紙9の塩分浸透パラメータと全データの塩分浸透パラメータの差異による、「鉄筋の腐食減量」及び「かぶりコンクリートのひび割れ発生時期」への影響について確認した。結果を表4に示す。

表4 「鉄筋の腐食減量」及び「かぶりコンクリートのひび割れ発生時期」

構造物 (部位)	パラメータ 設定方法	腐食減量 ($\times 10^{-4}g/cm^2$)					ひび割れ発生 時期 (年)
		調査時点	40年経過	50年経過	60年経過	100年経過	
タービン建屋 (1階 東外壁)	別紙9	4.7	6.5	8.1	9.8	16.7	279
	全データ	4.7	6.4	8.0	9.6	16.3	285
取水構造物 (気中帯)	別紙9	1.6	2.5	3.1	3.8	7.3	422
	全データ	1.6	2.5	3.1	3.8	7.2	428
取水構造物 (干満帯)	別紙9	7.4	11.3	14.3	17.9	36.5	181
	全データ	7.4	11.2	14.3	17.8	36.3	182
取水構造物 (海中帯)	別紙9	0.0	0.0	0.1	0.3	5.1	861
	全データ	0.0	0.0	0.1	0.3	5.1	861

表4より、別紙9の評価結果と、全データでの回帰による評価結果ではほとんど差異がない結果となった。

17-8 コンクリートの塩分浸透 (別紙9 塩分測定データについて 7/8)

3. 棄却データの選定について

海中帯の塩化物イオン量の分布において、表面から10~30mm間では勾配が比較的小さく、30~50mm間では勾配が大きいことから、深さ10mmのデータを棄却することにより、表面塩化物イオン量 C_0 が大きくなるため、保守的な評価となると考えた。

深さ10mmのデータを棄却した場合と棄却しない場合の回帰状況を図11、図12に、塩分浸透パラメータを表5に示す。

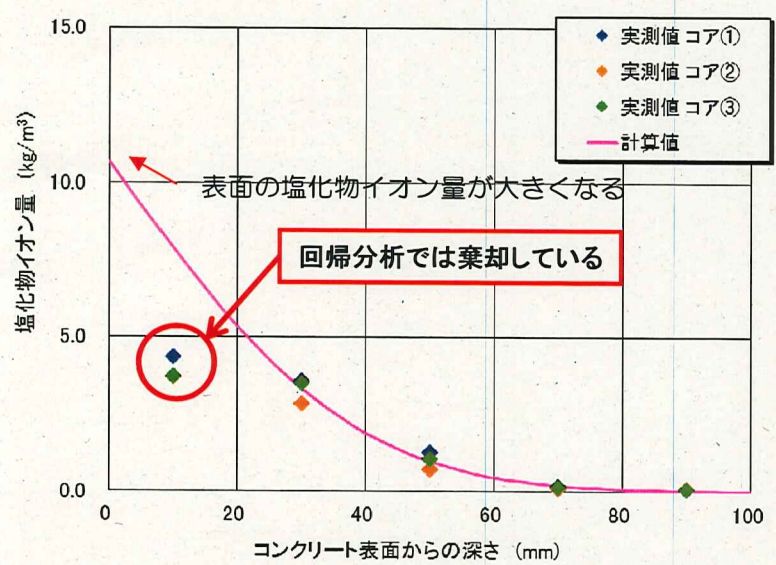


図11 深さ10mmのデータを棄却した場合の回帰状況

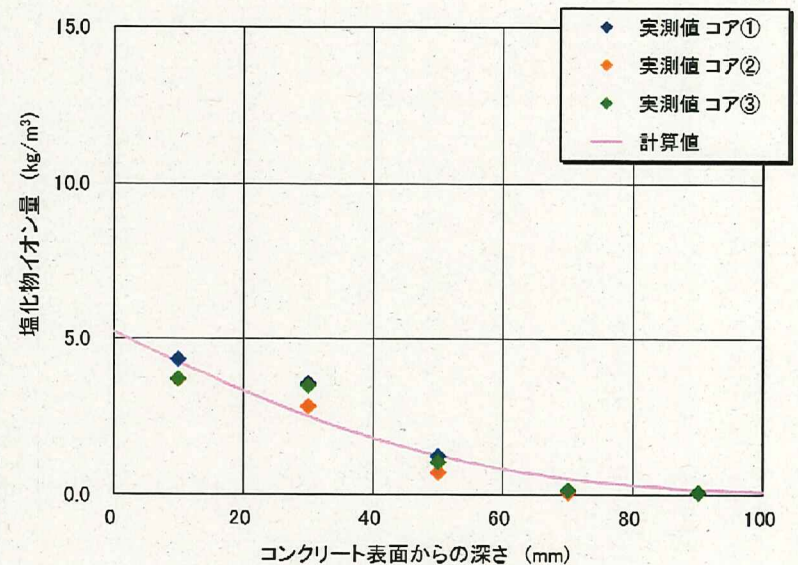


図12 深さ10mmのデータを棄却しない場合の回帰状況

表5 塩分浸透パラメータ

塩分浸透パラメータ	深さ10mmのデータを棄却した場合	深さ10mmのデータを棄却しない場合
表面塩化物イオン量 C_0 (kg/m ³)	10.685	5.230
見かけの拡散係数 D_c (cm ² /年)	0.172	0.359

17-8 コンクリートの塩分浸透（別紙9 塩分測定データについて 8/8）

図11，図12及び表5に示した通り，深さ10mmのデータを考慮すると，これを棄却した場合に比べ， C_0 は約1/2， D_0 は約2倍となる。そこで，これらの塩分浸透パラメータを用いて，鉄筋の腐食速度及び腐食減量の計算を行い，深さ10mmのデータを棄却した場合の影響について確認した。結果を表6に示す。

表6 深さ10mmのデータの棄却の影響比較

	深さ10mmのデータの棄却の有無	経過年数（年）							
		調査時点	40	50	60	100	200	500	800
鉄筋位置の塩化物イオン量 (kg/m ³)	棄却する	0.05	0.25	0.46	0.69	1.63	3.33	5.58	6.55
	棄却しない	0.26	0.61	0.84	1.05	1.68	2.53	3.44	3.80
腐食速度 (mg/cm ² /年)	棄却する	—	—	—	0.0004	0.005	0.012	0.020	0.024
	棄却しない	—	—	0.001	0.0023	0.005	0.009	0.012	0.014
腐食減量 (×10 ⁻⁴ g/cm ²)	棄却する	0.0	0.0	0.0	0.009	1.3	10.0	60.1	126.5
	棄却しない	0.0	0.0	0.1	0.3	5.1	12.3	44.6	83.3

経過年数が100年程度までの塩分浸透の評価では，深さ10mmのデータを棄却しない方が保守的な評価となることが確認された。

高経年化技術評価において対象としている経過年数は40年であり，この場合は保守的な評価となることを踏まえ，深さ10mmのデータを棄却しないこととする。

TEPCO

＜塩分浸透における評価点の妥当性について＞

1. 塩化物イオン濃度の測定結果

柏崎刈羽5号炉においては、平成30年に海側に面する壁を有する構造物（原子炉建屋、タービン建屋、海水熱交換器建屋及び排気筒基礎部）を対象に、表8-1に示す通り、塩化物イオン濃度の測定を行ったほか、平成27年に海水や飛沫の影響により最も厳しい塩分浸透環境下にある取水構造物を対象に、表8-2に示す通り、塩化物イオン濃度の測定を行った。

その結果、鉄筋位置における塩化物イオン濃度は、原子炉建屋で0.0017%、タービン建屋で0.0027%、海水熱交換器建屋で0.0010%、排気筒基礎部で0.0008%、取水構造物で気中帯0.0048%、干満帯0.0052%、海中帯0.0033%であった。

以上の結果と塩分浸透環境を考慮して、タービン建屋外壁と、取水構造物を評価対象部位とし、評価点は、タービン建屋は1階東側外壁、取水構造物は塩分浸透環境を考慮し、気中帯、干満帯及び海中帯とした。

表8-1 鉄筋位置における塩化物イオン濃度測定結果（建物及び排気筒基礎部）

構造物 (箇所)	コア記号	試料 採取 位置 [mm]	塩化物イオン 量(CL)の 平均値 A[kg/m ³]	コンク リート の密度 B[kg/m ³]	塩化物イオン濃度 [%]	
					コア別 A/B	3本 平均値
原子炉建屋 (3F西外壁)	5R-6-①	40~60	0.01	2280	0.0005	0.0012
	5R-6-②	40~60	0.05	2280	0.0020	
	5R-6-③	40~60	0.02	2280	0.0010	
原子炉建屋 (1F南外壁)	5R-9-①	40~60	0.05	2310	0.0020	0.0017
	5R-9-②	40~60	0.02	2350	0.0010	
	5R-9-③	40~60	0.05	2330	0.0020	
タービン建屋 (1F北外壁)	5T-7-①	40~60	0.02	2310	0.0010	0.0007
	5T-7-②	40~60	0.01	2310	0.0005	
	5T-7-③	40~60	0.01	2290	0.0005	
タービン建屋 (1F東外壁)	5T-8-①	40~60	0.15	2310	0.0065	0.0027
	5T-8-②	40~60	0.02	2310	0.0010	
	5T-8-③	40~60	0.01	2330	0.0005	
海水熱交換器建屋 (1F西外壁)	5Hx-2-①	40~60	0.02	2320	0.0010	0.0010
	5Hx-2-②	40~60	0.02	2320	0.0010	
	5Hx-2-③	40~60	0.02	2290	0.0010	
排気筒 (北東基礎)	STK-1-①	60~80	0.02	2290	0.0010	0.0008
	STK-1-②	60~80	0.01	2180	0.0005	
	STK-1-③	60~80	0.02	2230	0.0010	

注) 太字：評価書記載値

表8-2 鉄筋位置における塩化物イオン濃度測定結果（取水構造物）

構造物 (箇所)	コア記号	試料 採取 位置 [mm]	塩化物イオン 量(CL ⁻)の 平均値 A[kg/m ³]	コンク リートの 密度 B[kg/m ³]	塩化物イオン濃度 [%]	
					コア別 A/B	3本 平均値
取水構造物 (気中帯)	①	80~100	0.12	2305	0.0052	0.0048
	②	80~100	0.09	2265	0.0040	
	③	80~100	0.12	2369	0.0051	
取水構造物 (干満帯)	①	80~100	0.12	2392	0.0050	0.0052
	②	80~100	0.16	2352	0.0068	
	③	80~100	0.09	2332	0.0039	
取水構造物 (海中帯)	①	80~100	0.07	2337	0.0030	0.0033
	②	80~100	0.09	2340	0.0038	
	③	80~100	0.07	2347	0.0030	

注) 太字：評価書記載値

2. 取水構造物における評価点の範囲

気中帯、干満帯及び海中帯は1964年3月から1980年12月までの柏崎港における潮位観測記録に気象偏差を考慮して設定している。

上記期間における柏崎港の朔望平均満潮位、朔望平均干潮位は、以下の通りである。

- ・ 朔望平均満潮位：T. M. S. L. +0.50m
- ・ 朔望平均干潮位：T. M. S. L. +0.05m

これに気象偏差の最大値（0.48m 1972年12月2日発生）を考慮して干満帯の範囲を以下の通り設定している。

- ・ 設計満潮位＝朔望平均満潮位＋気象偏差の最大値＝0.5m＋0.48m＝0.98m≒1.00m (T. M. S. L. +1.00m)
- ・ 設計干潮位＝朔望平均干潮位＝0.05m≒0.00m (T. M. S. L. ±0.00m)

また、1981年から2018年までの潮位について、データを確認した。その結果を表8-3に示す。1964年～1980年と1981年～2018年での朔望平均満潮位及び干潮位の差は4～5cmであり、また、最高潮位では差がないことから、設計潮位を見直すほどの差は生じていないことを確認している。

表8-3 1964年～1980年と1981年～2018年の潮位の比較

	1964年～1980年	1981年～2018年	差分 (cm)
最高潮位	T. M. S. L. +1.07m	T. M. S. L. +1.07m	0
朔望平均満潮位	T. M. S. L. +0.50m	T. M. S. L. +0.46m	-4
朔望平均干潮位	T. M. S. L. +0.05m	T. M. S. L. -0.00m	-5

気中帯、干満帯及び海中帯の範囲と評価点（以下、「コア採取位置」という。）を表8-4に示す。

表8-4 取水構造物における評価点の範囲とコア採取位置*1

	評価点の範囲	コア採取位置
気中帯	T. M. S. L. +1.00m 以上	T. M. S. L. +2.25m
干満帯	T. M. S. L. +1.00m 未満, T. M. S. L. ±0.00m 以上	T. M. S. L. +0.95m
海中帯	T. M. S. L. ±0.00m 未満	T. M. S. L. -4.40m

*1 コア径：55.5mm

気中帯、干満帯及び海中帯のコア採取位置は、気中帯では設計満潮位以上、干満帯では設計満潮位未満かつ設計干潮位以上、海中帯では設計干潮位未満、の範囲内となっている。よって、コアは適切な位置から採取しており、評価点は妥当であると判断した。

＜塩分浸透における鉄筋の腐食減量の算定過程について＞

1. 鉄筋の腐食減量の算定過程

方法、条件及びパラメータを以下に示す。

	タービン建屋	取水構造物		
	①IF東外壁	②気中帯	③干満帯	④海中帯
t_n : 供用開始からの経過年数(年)	28.6	25.6	25.6	25.6
Cl_m : 鉄筋位置における塩化物イオン量 (kg/m ³) ^{*1}	0.060	0.110	0.123	0.077
C_0 : コンクリート表面の塩化物イオン量 (kg/m ³) ^{*2}	0.387	18.436	21.008	5.230
D_c : コンクリート中の塩化物イオンの見かけ上の拡散係数 (cm ² /年) ^{*2}	0.133	0.090	0.224	0.359
Cl_m : 鉄筋位置における塩化物イオン量 (kg/m ³) (推定値) ^{*3}	0.000 ~0.085	0.000 ~0.032	0.000 ~0.992	0.000 ~0.612
c : かぶり (mm) ^{*4}	40	84	84	84
d : 鉄筋径 (mm) ^{*4}	22	32	32	32
W/C : 水セメント比 (%/100) ^{*5}				
T : 温度 (°C) ^{*6}	13.9	13.9	13.9	17.0
RH : 相対湿度 (%) ^{*7}	71	71	100	100
O : 酸素濃度 (%/100) ^{*8}	0.21	0.21	0.21	0.0071
V_{11t_n} : 調査時点の鉄筋の腐食減量 (×10 ⁻⁴ g/cm ²)	4.7	1.6	7.4	0.0
$V_{11(40)}$: 運転開始後40年経過時点の鉄筋の腐食減量 (×10 ⁻⁴ g/cm ²)	6.5	2.5	11.3	0.0
Q_{cr} : かぶりコンクリートにひび割れが発生する時点の鉄筋の腐食減量 推定値 (×10 ⁻⁴ g/cm ²)	48.8	91.5	91.5	91.5

- : 拡散方程式により、コンクリート表面からの塩化物イオンの浸透を予測するのに必要なパラメータ
- : 予測結果
- : 森永式により、鉄筋の腐食減量の評価を実施するのに必要なパラメータ
- : 推定結果

- *1: 鉄筋位置における経過年数(t_n 年)の塩化物イオン量の平均値
- *2: コンクリート表面からの深さと塩化物イオン量の実測値をFickの第二法則に与え、最小二乗法から C_0 と D_c を算定した
- *3: 運転開始から40年経過時点までの各年の推定値
- *4: ①: 竣工図より
②~④: 配筋図より、芯かぶり=100mm, 100-32/2=84mmと設定
- *5: ①~④: 工事記録より
- *6: ①~③: 理科年表 2018年版より, 1981~2010年の新潟平均値
④: 日本海洋データセンターHPより, 柏崎刈羽を含む北緯37°~38°, 東経138°~139°の水温の平均値(深度は10mとした)
- *7: ①, ②: 理科年表 2018年版より, 1981~2010年の新潟平均値
③: 干満作用により湿った状態が継続すると考え, 海中と同じ条件とした
④: 湿潤状態であることからRH100%とした
- *8: 一般的な大気中及び海中の酸素濃度として設定

1.1 拡散方程式

コンクリート表面からの深さと塩化物イオン量の関係の実測値を下式 (Fickの第二法則の解の式) に与え、最小二乗法から表面塩化物イオン量 (C_0) と見かけの拡散係数 (D_c) を算定する。

$$Cl_{in} = C_0 \left(1 - \operatorname{erf} \frac{0.1c}{2\sqrt{D_c \cdot t_n}} \right)$$

Cl_{in} : 鉄筋位置における経過年数 t_n (年) の塩化物イオン量 (kg/m^3)

C_0 : コンクリート表面における塩化物イオン量 (kg/m^3)

D_c : コンクリート中の塩化物イオンの見かけの拡散係数 ($\text{cm}^2/\text{年}$)

c : かぶり (mm)

t_n : 供用開始からの経過年数 (年)

erf : 誤差関数

1.2 森永式

(1) 腐食量の算定

経過年数 t_n 年 (1, 2, 3...) ごとに腐食速度 V_{1tn} ($\text{mg}/\text{cm}^2/\text{年}$) を算出した結果を累加し、その経過年時点における腐食減量 (mg/cm^2) を求める。

$$V_{1tn} = V_{11tn} \times \frac{V_{12tn}}{V_{12tn}'}$$

$$V_{11tn} = \frac{d}{10 \cdot c^2} \left[0.51 - 6.81 \cdot Cl_{in} + 44.97 \cdot (W/C)^2 + 60.84 \cdot Cl_{in} \cdot (W/C)^2 \right]$$

$$V_{12tn} = \frac{1}{10} (2.59 - 0.05 \cdot T - 6.89 \cdot H - 22.87 \cdot O - 0.89 \cdot Cl_{in} + 0.14 \cdot T \cdot H + 0.51 \cdot T \cdot O + 0.01 \cdot T \cdot Cl_{in} + 60.81 \cdot H \cdot O + 3.01 \cdot H \cdot Cl_{in} + 6.55 \cdot O \cdot Cl_{in})$$

$$V_{12tn}' = \frac{1}{10} (0.56528 + 1.2808 \cdot Cl_{in})$$

V_{1tn} : 経過年数 t_n 年における腐食速度 ($\text{mg}/\text{cm}^2/\text{年}$)

V_{11tn} : 温度 15°C , 湿度 69% , 酸素濃度 20% における腐食速度 ($\text{mg}/\text{cm}^2/\text{年}$)

V_{12tn} : ペーストコーティング鉄筋の腐食速度 ($\text{mg}/\text{cm}^2/\text{年}$)

V_{12tn}' : 温度 15°C , 湿度 69% , 酸素濃度 20% におけるペーストコーティング鉄筋の腐食速度 ($\text{mg}/\text{cm}^2/\text{年}$)

d : 鉄筋径 (mm)

c : かぶり (mm)

Cl_{in} : 経過年数 t_n 年における鉄筋位置の塩化物イオン量 (kg/m^3)

W/C : 水セメント比 ($\%/100$)

T : 温度 ($^\circ\text{C}$)

H : 湿度に関する項 [$H = (RH - 45) / 100$]

RH : 相対湿度 ($\%$)

O : 酸素濃度 ($\%/100$)

(2) ひび割れ発生の限界腐食量の算定方法

(1) の 1 年ごとの腐食速度の累積値が下式による限界腐食量を越える経過年数を、鉄筋腐食によるひび割れが発生する時点として評価を行う。

$$Q_{cr} = 0.602 \left(1 + \frac{2c}{d} \right)^{0.85} \times d$$

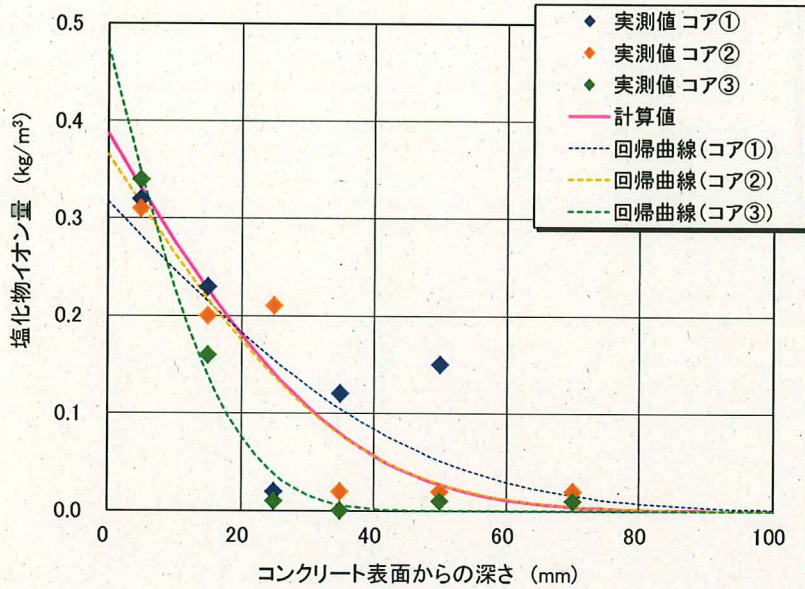
Q_{cr} : ひび割れ発生時の腐食量 (mg/cm^2)

c : かぶり (mm)

d : 鉄筋径 (mm)

2. 拡散方程式の回帰分析結果

(1) タービン建屋



注記)

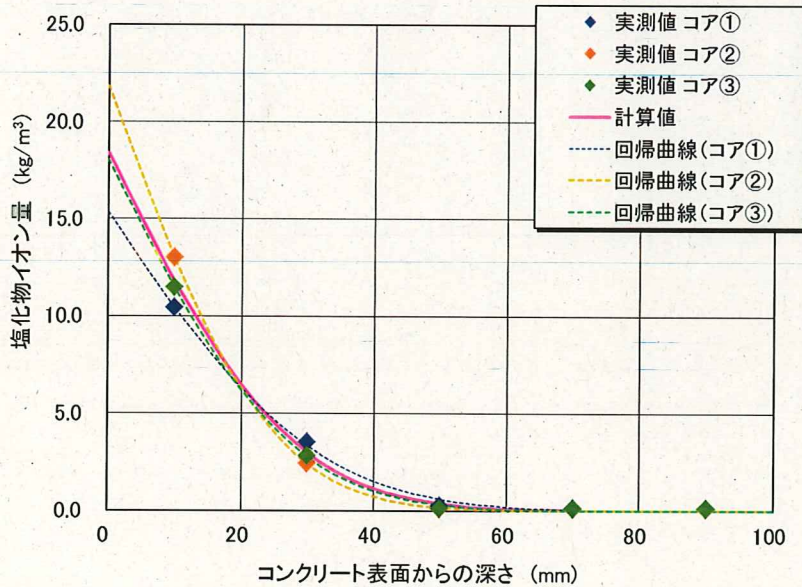
$C_0=0.387$ (kg/m³)

$D_c=0.133$ (cm²/年) を用いると、図中「計算値」の分布となる。

上記の値は、個々のコアの回帰曲線(図中の破線)で得られた C_0 、 D_c の3個の値の平均とした。

(2) 取水構造物

(気中帯)



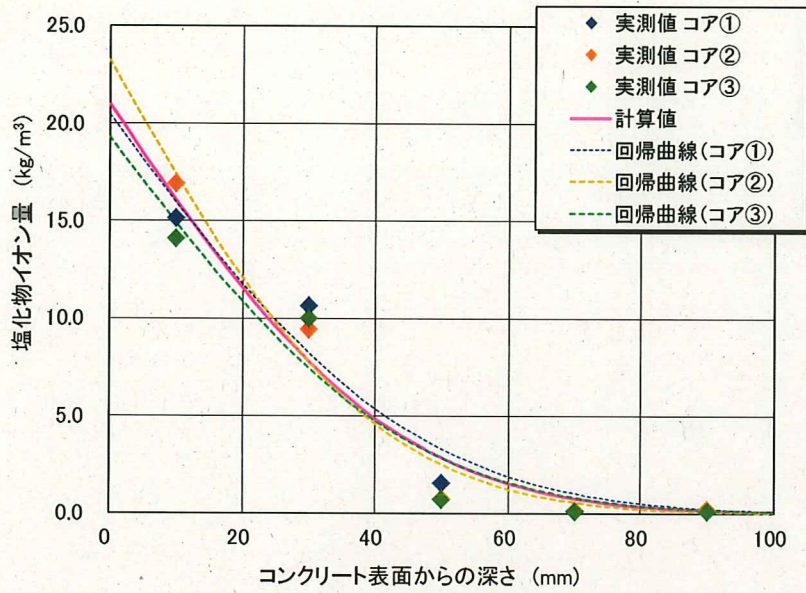
注記)

$C_0=18.436$ (kg/m³)

$D_c=0.090$ (cm²/年) を用いると、図中「計算値」の分布となる。

上記の値は、個々のコアの回帰曲線(図中の破線)で得られた C_0 、 D_c の3個の値の平均とした。

(干満帯)



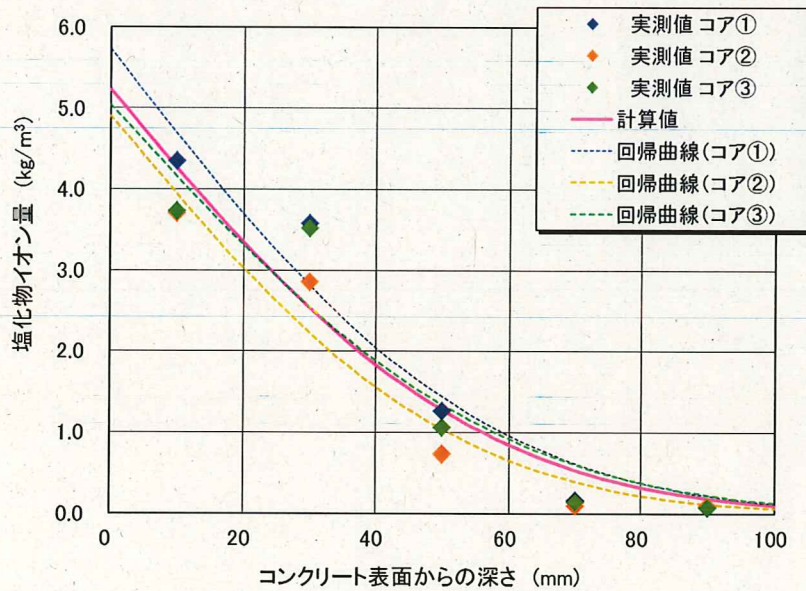
注記)

$$C_0 = 21.008 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

$D_c = 0.224 \text{ (cm}^2\text{/年)}$ を用いると、図中「計算値」の分布となる。

上記の値は、個々のコアの回帰曲線（図中の破線）で得られた C_0 、 D_c の3個の値の平均とした。

(海中帯)



注記)

$$C_0 = 5.230 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

$D_c = 0.359 \text{ (cm}^2\text{/年)}$ を用いると、図中「計算値」の分布となる。

上記の値は、個々のコアの回帰曲線（図中の破線）で得られた C_0 、 D_c の3個の値の平均とした。

3. 調査時点、運転開始後40年時点及びかぶりコンクリートにひび割れが発生する時点の前後5年の鉄筋の腐食減量

(1) タービン建屋		(2) 取水構造物					
		①気中帯		②干満帯		③海中帯	
経過年数 (年)	ΣV_{Itn} ($\times 10^{-4}g/cm^2$)	経過年数 (年)	ΣV_{Itn} ($\times 10^{-4}g/cm^2$)	経過年数 (年)	ΣV_{Itn} ($\times 10^{-4}g/cm^2$)	経過年数 (年)	ΣV_{Itn} ($\times 10^{-4}g/cm^2$)
24	3.9	21	1.3	21	6.1	21	0.0
25	4.1	22	1.4	22	6.4	22	0.0
26	4.2	23	1.4	23	6.7	23	0.0
27	4.4	24	1.5	24	6.9	24	0.0
28	4.5	25	1.6	25	7.2	25	0.0
28.6	4.7	25.6	1.6	25.6	7.4	25.6	0.0
29	4.7	26	1.6	26	7.5	26	0.0
30	4.9	27	1.7	27	7.7	27	0.0
31	5.0	28	1.8	28	8.0	28	0.0
32	5.2	29	1.8	29	8.3	29	0.0
33	5.3	30	1.9	30	8.5	30	0.0
35	5.7	35	2.2	35	9.9	35	0.0
36	5.8	36	2.2	36	10.1	36	0.0
37	6.0	37	2.3	37	10.4	37	0.0
38	6.2	38	2.4	38	10.7	38	0.0
39	6.3	39	2.4	39	11.0	39	0.0
40	6.5	40	2.5	40	11.3	40	0.0
41	6.7	41	2.5	41	11.5	41	0.0
42	6.8	42	2.6	42	11.8	42	0.0
43	7.0	43	2.7	43	12.1	43	0.0
44	7.1	44	2.7	44	12.4	44	0.0
45	7.3	45	2.8	45	12.7	45	0.0
274	48.0	417	89.7	176	87.9	856	90.9
275	48.2	418	90.1	177	88.7	857	91.0
276	48.4	419	90.5	178	89.4	858	91.2
277	48.6	420	90.9	179	90.2	859	91.3
278	48.7	421	91.2	180	91.0	860	91.4
279	48.9	422	91.6	181	91.8	861	91.6
280	49.1	423	92.0	182	92.6	862	91.7
281	49.3	424	92.4	183	93.4	863	91.9
282	49.5	425	92.8	184	94.2	864	92.0
283	49.7	426	93.2	185	95.0	865	92.1
284	49.8	427	93.5	186	95.8	866	92.3