

コンクリート専門委員会報告
REPORT OF THE TECHNICAL COMMITTEE ON CONCRETE
F- 60

寒冷地に曝露した AE コンクリートの耐凍害性

—材齢 30 年報告—

Resistance to Frost Damage of Air-entrained Concrete
Exposed to Cold Climates: Report after Exposure for 30 Years

2018 年 3 月

(Mar. 2018)

一般社団法人セメント協会

JAPAN CEMENT ASSOCIATION

要旨

コンクリートの耐凍害性を調査するため、凍害劣化度の異なる寒冷地 4 地点、すなわち釧路（特に凍害を受け易い）、盛岡（凍害を受け易い）、酒田（中庸）、東京（凍害を受けない）を選定して、コンクリート供試体の長期曝露実験を行った。曝露 5 年以降は、一部の供試体について供試体下部 10mm を水に浸漬するように設置し、含水率を高くして凍害劣化を起こし易い条件とした。曝露供試体は、水セメント比を 50% と 60%、目標スランプを土木配合として $8.0 \pm 1.5\text{cm}$ 、建築調合として $18.0 \pm 1.5\text{cm}$ 、全ての供試体で目標空気量を $4.5 \pm 0.5\%$ の計 4 配調合の AE コンクリートとした。

主な調査項目は、供試体の外観観察と相対動弾性係数および質量の経年変化であるが、圧縮強度、気泡間隔係数、中性化深さや細孔量・細孔径分布なども追加調査した。

曝露期間 30 年までの結果によれば、すべての曝露地、配調合条件において、供試体にひび割れ、スケーリング、モルタルの欠損、また相対動弾性係数の低下など凍害劣化の兆候は認められず、所定の空気量を連行した AE コンクリートは十分な耐凍害性を有することが確認された。

また付随して実施した中性化深さの測定結果は、土木学会コンクリート標準示方書中の予測式に比べて小さく、30 年間で平均深さ 6.3mm 以下であった。曝露地が東京および釧路の場合は中性化深さが大きくなった。同じく付随して実施した細孔量の測定結果によれば、材齢 20 年時よりも曝露地の差が大きくなる傾向にあり、一部の水準を除いて、東京＞釧路＞盛岡＞酒田の順に全細孔量が多くなるなど、曝露環境による影響が認められる結果となった。

序

コンクリートの長期耐久性に対して、周囲の気象条件が大きく影響を及ぼすことは論を待たないところである。セメント協会では、1984 年から 1988 年にかけて、全国各地の気象条件、すなわち温度、湿度、また飛来塩分量などのデータをもとに、ひび割れ、塩害、凍害に対する影響を検討し、これらコンクリートの耐久性を阻害する要因に関する危険度を示すマップを作成・刊行した。

本研究は、この調査・検討を引き継ぎ、寒冷地に継続曝露した AE コンクリート供試体の耐凍害性について調査を実施したものであり、今般、材齢 30 年までの結果がまとまったので報告する。

2018 年 3 月

一般社団法人 セメント協会 コンクリート専門委員会

コンクリート専門委員会（敬称略 順不同）

委員長	宇部興産株式会社	大和功一郎
	住友大阪セメント株式会社	(草野 昌夫 2017年3月交替)
	三菱マテリアル株式会社	(中山 英明 2014年3月交替)
	太平洋セメント株式会社	(横山 良 2009年9月交替)
	太平洋セメント株式会社	(棚木 隆 2008年6月交替)
委員	日鉄住金高炉セメント株式会社	平本 真也
		(大塚 勇介 2015年10月交替)
		(植木 康知 2011年4月交替)
		(伊代田岳志 2009年3月交替)
	日鉄住金セメント株式会社	小倉 束
	株式会社トクヤマ	加藤 弘義
		(土井 宏行 2008年3月交替)
	太平洋セメント株式会社	小川 洋二
		(谷村 充 2017年3月交替)
		(田中 敏嗣 2014年6月交替)
		(石川 雄康 2012年4月交替)
	宇部興産株式会社	(大西 利勝 2008年4月交替)
	デンカ株式会社	田原 和司
		(上村 豊 2016年4月交替)
		(川原 正秀 2012年6月交替)
	三菱マテリアル株式会社	中山 英明
	住友大阪セメント株式会社	中島 有一
		(草野 昌夫 2017年7月交替)
	一般社団法人セメント協会	吉本 徹
		野田 潤一
		中村 弘典
		瀧波 勇人
		(佐藤 智泰 2017年3月交替)
		(佐々木健一 2013年9月交替)
		(小林 幸一 2012年7月交替)
		(泉尾 英文 2012年5月交替)
		(島崎 泰 2012年5月交替)
		(村田 芳樹 2010年4月交替)

目 次

1. 緒言.....	1
2. 調査の概要.....	2
2.1 曝露条件.....	2
2.2 コンクリート供試体.....	6
2.3 曝露期間および調査時期.....	8
2.4 調査項目および試験方法.....	8
3. 試験結果および考察.....	12
3.1 各曝露地の凍結日数および凍結融解回数.....	12
3.2 外観観察.....	13
3.3 相対動弾性係数の経年変化.....	21
3.4 質量の経年変化.....	23
3.5 圧縮強度および静弾性係数.....	24
3.6 中性化深さ.....	26
3.7 気泡間隔係数.....	30
3.8 細孔量.....	31
4. 結言.....	45
付録資料 1 外気温の変化とコンクリートに与える影響について.....	47
データ集.....	55

1. 緒言

コンクリートの長期耐久性を阻害する要因として、乾燥収縮ひび割れ、塩害、凍害、中性化、アルカリ骨材反応、化学的浸食などがある。このうち、ひび割れ、塩害、凍害は気象条件と大きく関連していることから、気象条件を考慮することがコンクリートの耐久性を検討するうえでも重要である。そこで、セメント協会では1984年から1988年まで旧耐久性専門委員会において検討を重ね、委員会報告書「耐久性を阻害する要因マップ¹⁾」を刊行した。この報告書はD-1からD-3までの3巻にわたり、アメダス(Automated Meteorological Data Acquisition System)や全国気象官署のデータをもとに気温(日最高気温、日最低気温、日較差)、日最低湿度、風速を全国的に調査、取りまとめ、各阻害要因の危険度を示す要因マップを報告し、その妥当性を報告書D-3において検討した。

報告書D-1、D-2の概要は以下のとおりである。

- ・ ひび割れに関しては、乾燥程度と温度変化に着目し、最低湿度、気温の日較差の気象データをもとに、ひび割れの危険度マップを作成した。
- ・ 塩害に関しては、風速と波高より算出する海塩粒子指数(海風比率×平均波高)に着目し、各地の飛来塩分量の大きさをもとに塩害の危険度マップを作成した。
- ・ 凍害に関しては、日最高気温と日最低気温に着目し、各地の年間凍結融解回数をもとに凍害の危険度マップを作成した。

これら3つの要因マップの妥当性を検討するため、実地調査を行い報告書D-3を刊行した。報告書D-3の概要は以下のとおりである。

- ・ ひび割れに関しては、実地調査が困難であったため、これまでのデータに加え日射量や水分蒸発量との関連を検討し、季節ごとに乾燥が著しいと想定される地域を抽出した。
- ・ 塩害に関しては、塩害の危険度の異なる9箇所を選定し、1986年から1年間の実地調査を行った。調査の結果、1) 報告書D-2の海塩粒子指数マップは塩害の危険度を示すひとつの指標となる、2) 飛来塩分量が多いとコンクリート中への塩分の浸透量は多くなる、3) コンクリート表面が降雨にさらされると塩分の浸透は少なくなることが分かった。
- ・ 凍害に関しては、凍害の危険度が異なる4箇所を選定し1986年より実地調査を開始した。報告書D-3を刊行した時には材齢1年が経過していたが、明確な差が見られなかったため調査の継続を行った。

コンクリート専門委員会は、旧耐久性専門委員会より報告書D-3の凍害に関する実地調査を引き継ぎ、2016年に材齢30年目の調査を終えた。本報告書は、これらの調査結果を報告するものである。本調査の実施にあたり御協力を賜りました、釧路生コン株式会社、釧路宇部コンクリート工業株式会社、ダイカン物産株式会社、滝井生コンクリート株式会社、盛岡カイハツ生コンクリート株式会社、旧耐久性専門委員会各位に深く御礼申し上げます。

2. 調査の概要

コンクリートの凍害劣化の実地調査のために、耐久性を阻害する要因マップ¹⁾より凍害危険度の異なる釧路、盛岡、酒田、東京を曝露地として選定し、同一の AE コンクリートを用いて曝露実験を行った。コンクリートの配調合は、水セメント比とスランプを変化させ、一般的な土木配合と建築調合の計 4 水準とした。劣化の程度を評価するにあたり、曝露供試体の初期値として一次共鳴振動数、質量、圧縮強度、静弾性係数の測定および外観観察を行った。その後、主に動弾性係数と質量の経年変化を調査した。また、それら以外に材齢 10 年時には中性化および細孔量を、材齢 20 年には、中性化、細孔量、圧縮強度、気泡間隔係数を、材齢 30 年には中性化、細孔量、圧縮強度を測定した。曝露地、曝露期間、供試体の使用材料や配調合、試験項目、試験時期の詳細を報告する。

2.1 曝露条件

2.1.1 曝露地

耐久性を阻害する要因マップ¹⁾のうち凍害に関する危険度マップをもとに、釧路、盛岡、酒田、東京の 4 箇所を曝露地として選定した。参考とした危険度マップは、アメダスや全国気象官署のデータより凍害日数を推定したもので、凍結を -5°C 未満、融解を 0°C 以上と仮定し、日最低気温が -5°C 未満、日最高気温が 0°C 以上となった日を調査した。それによると、図 2.1.1 に示すように各曝露地の年間凍害日数は、釧路が 40 日から 60 日、盛岡が 20 日から 40 日、酒田が 0 日から 10 日、東京が 0 日となっている。つまり、各曝露地の凍害危険度は、釧路、盛岡が凍害を受け易く、酒田が受け難く、東京が受けない地域である。なお、実際に曝露した期間(1986 年 9 月～2016 年 6 月)の気象状況を改めて調査した結果を『3.1 各曝露地の凍結日数および凍結融解回数』に報告しているので参照されたい。

曝露地の詳細を表 2.1.1 に示す。釧路では材齢 15 年時に、酒田では材齢 22 年以降に曝露場所を変更しているが、変更前後の曝露箇所の移動距離は数 km であり曝露条件に大きな変化はないと考える。

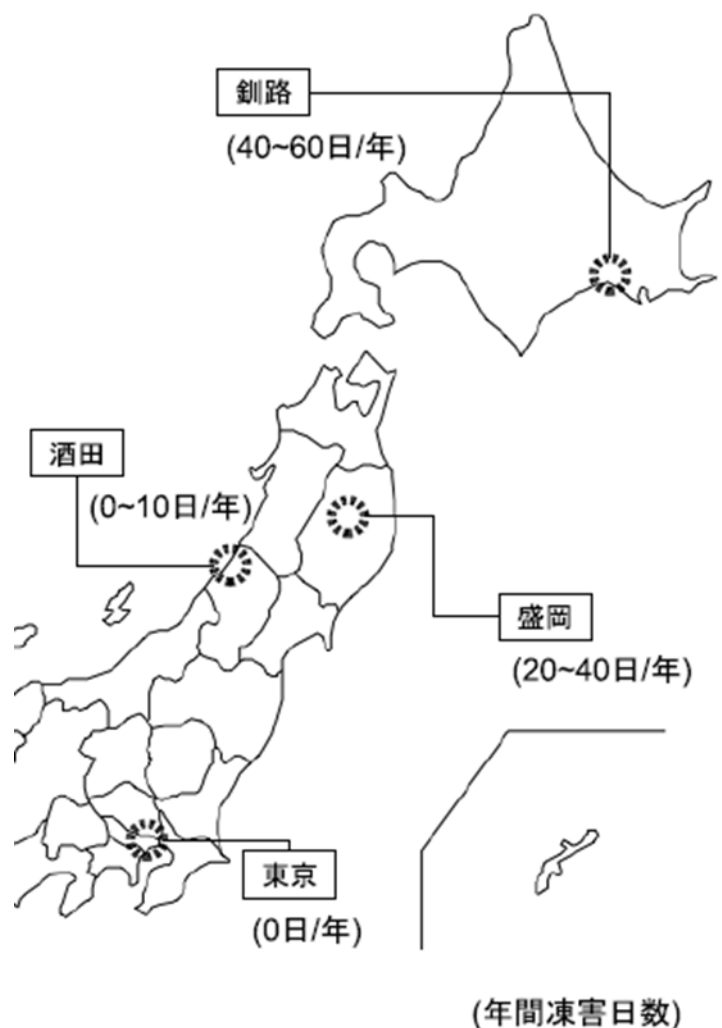


図 2.1.1 曝露地と年間凍害日数の関係

表 2.1.1 曝露条件

凍害の影響	曝露地	
特に受け易い	北海道 (釧路)	釧路宇部コンクリート工業株式会社内(釧路市鳥取南 5-1-24)(曝露開始～材齢 15 年) 釧路生コン株式会社内(釧路市星が浦南 1-3-8) (材齢 15 年～30 年)
受け易い	岩手県 (盛岡)	盛岡カイハツ生コンクリート株式会社(旧盛岡菱光株式会社)内 (盛岡市上太田蔵戸 32-5)
中庸	山形県 (酒田)	滝井生コンクリート株式会社内(酒田市大字宮海字南砂畑 2-37) (曝露開始～材齢 22 年) ダイカン物産株式会社総合生コン内(酒田市北浜町 4-39) (材齢 22 年～30 年)
受けない	東京都 (北区)	一般社団法人 セメント協会 研究所内 (北区豊島 4-17-33)

2.1.2 曝露条件

曝露は、凍結後に融解しやすい日当たりのよい場所を選定し、また積雪期に供試体が雪に埋もれぬように木製の架台を設置し行った。写真 2.1.1 がその状況であるが、材齢 5 年を経過しても測定結果に顕著な変化が現れなかったため、材齢 5 年以降は各配調合 1 本の供試体を写真 2.1.2 のような水槽に入れ、水に浸漬させることでより厳しい曝露環境とした。写真 2.1.3 が、材齢 5 年以降の曝露状況である。水槽は図 2.1.2 のように底面から 20mm の高さに供試体が設置されるようにガイドを取り付け、また側面に穴を設けることで降雨時に一定の水位まで雨が溜まる仕組みとした。この仕組みにより、供試体の一面が 10mm ほど水に浸かり、吸水しやすい環境となっている。

各曝露地の状況と供試体の設置状況を、写真 2.1.4 から写真 2.1.17 に示す。



写真 2.1.1 材齢 5 年までの曝露状況

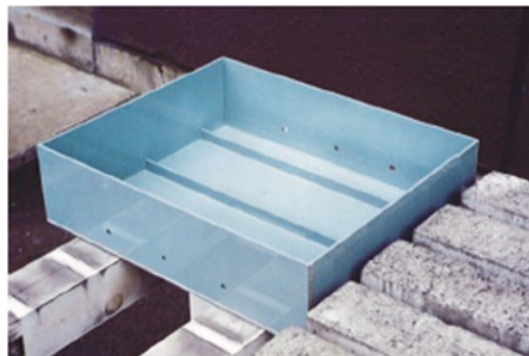


写真 2.1.2 水槽

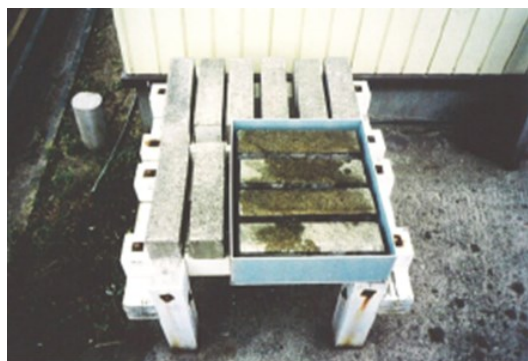


写真 2.1.3 材齢 5 年以降の曝露状況

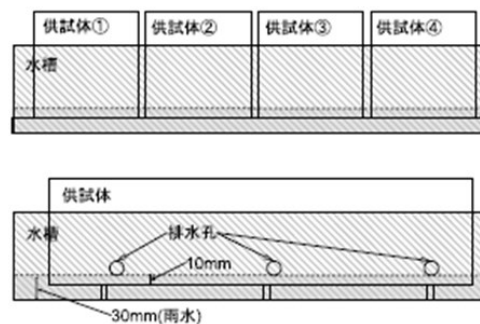


図 2.1.2 水槽断面図

釧路)



写真 2.1.4 曝露場所全景(曝露開始～材齢 15 年)



写真 2.1.5 曝露状況(曝露開始～材齢 15 年)



写真 2.1.6 曝露場所全景(材齢 15 年～30 年)



写真 2.1.7 曝露状況(材齢 15 年～30 年)



写真 2.1.8 材齢 30 年引上げ時 曝露場所



写真 2.1.9 材齢 30 年引上げ時 曝露状況

盛岡)



写真 2.1.10 曝露場所全景



写真 2.1.11 曝露状況

酒田)



写真 2.1.12 曝露場所全景(曝露開始～材齢 22 年)



写真 2.1.13 曝露状況(曝露開始～材齢 22 年)



写真 2.1.14 曝露場所全景(材齢 22 年～30 年)



写真 2.1.15 曝露状況(材齢 22 年～30 年)

東京)



写真 2.1.16 曝露場所全景



写真 2.1.17 曝露状況

2.2 コンクリート供試体

供試体は、同一バッチのコンクリートを使用して、曝露用に $10 \times 10 \times 40\text{cm}$ の角柱供試体を各配調合 3 本ずつ、材齢 28 日の圧縮強度および静弾性係数の試験用に直径 10cm 高さ 20cm の円柱供試体を各配調合 3 本ずつ成形した。いずれも、28 日間の標準水中養生後に曝露および試験に供した。

2.2.1 使用材料

コンクリートに使用したセメント、粗骨材、細骨材、混和剤、練混ぜ水の詳細を以下に示す。

1) セメント

セメントは、普通ポルトランドセメントを使用した。化学分析および物理試験結果を表 2.2.1、表 2.2.2 に示す。

表 2.2.1 セメントの化学分析結果

化学成分(%)													
ig.loss	insol.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Cl
1.1	0.6	21.4	5.2	2.8	63.3	1.9	1.9	0.36	0.50	0.38	0.18	0.24	0.005

表 2.2.2 セメントの物理試験結果

密度	比表面積	凝 結			安定性	70-値	強さ (N/mm ²)					
		水量	始発	終結			圧縮			曲げ		
							3日	7日	28日	3日	7日	28日
(g/cm ³)	(cm ² /g)	(%)	(h-m)	(h-m)		(mm)						
3,14	3320	27,8	2-45	3-49	良	248	15,3	27,0	43,8	3,5	5,3	7,9

表 2.2.2 に示した圧縮強さの試験方法は、JIS R 5201:1981 に準拠したもので現在の試験方法とは大きく異なっている。現在の試験方法による圧縮強さに換算²⁾すると、3 日が 21.7N/mm²、7 日が 38.3 N/mm²、28 日が 62.2 N/mm² となり、最近のセメントの圧縮強さ³⁾ とほぼ同等である。

2) 骨材

粗骨材は、硬質砂岩碎石 2005(東京都西多摩郡瑞穂町産)、細骨材は、陸砂(静岡県御前崎市産)を使用した。骨材の物理試験結果を表 2.2.3 に示す。骨材の品質は、関係する品質規格を満足する良質なものである。

表 2.2.3 骨材の物理試験結果

骨材	ふるい通過量 (%)										粗粒率	密度 (g/cm ³)	単位容 積質量 (kg/m ³)	実積率 (%)	吸水率 (%)
	25	20	15	10	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15					
粗骨材(硬質砂岩碎石)	100	94	76	36	1	0	—	—	—	—	6.70	2.65	1576	59.8	0.51
細骨材(陸砂)	—	—	—	100	99	86	57	37	21	7	2.93	2.62	1668	64.6	1.48

3) 混和剤

混和剤は、AE 減水剤(ポゾリス No.70 : 現 (株)BASF ポゾリス社製) および AE 剤(マイクロエア 303A : 現 (株)BASF ポゾリス社製)を使用した。

4) 練混ぜ水

練混ぜ水は、上水道水を使用した。

2.2.2 コンクリートの配調合

配調合は、水セメント比を 50% と 60%、目標スランブを土木配合として 8.0 ± 1.5cm、建築調合として 18.0 ± 1.5cm、全ての供試体で目標空気量を 4.5 ± 0.5% の計 4 配調合とした。配調合およびフレッシュ時の性状を表 2.2.4 に示す。以降、本報告書内では 4 つの配調合を、水セメント比、スランブの順で wc50s8 (水セメント比 50%、スランブ 8cm の場合) のように表記する。

表 2.2.4 コンクリートの配調合およびフレッシュ性状

配調合	目標スランブ (cm)	目標空気量 (%)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量						フレッシュ性状		
					水	セメント	細骨材	粗骨材	AE減水剤	AE剤	練上り温度	スランブ	空気量
					(kg/m ³)				(g/m ³)		(°C)	(cm)	(%)
wc50s8	8.0±1.5	4.5±0.5	50	44	161	322	800	1039	1006	8	21.0	8.5	4.5
wc60s8	8.0±1.5	4.5±0.5	60	46	160	267	853	1034	835	6	21.0	7.5	4.8
wc50s18	18.0±1.5	4.5±0.5	50	44	180	360	761	996	1125	7	21.0	17.5	4.6
wc60s18	18.0±1.5	4.5±0.5	60	46	179	298	819	992	931	7	21.0	18.0	4.3

なお、スランブは JIS A 1101「コンクリートのスランブ試験方法」、空気量は JIS A 1128「フレッシュコンクリートの空気量の圧力による試験方法—空気室圧力方法」に準拠して計測を行った。

2.2.3 供試体の成形方法および養生方法

成形および養生は、JIS A 1138「試験室におけるコンクリートの作り方」および JIS A 1132「コンクリートの強度試験用供試体の作り方」に準じて行った。練混ぜは容量 100 リットルの強制練りパン型ミキサを用い、同一バッチのコンクリートより 10×10×40cm の角柱供試体を各曝露地に各配調合 3 本ずつ、直径 10cm 高さ 20cm の円柱供試体を各配調合 3 本ずつ成形した。成形の翌日に脱型を行い、材齢 28 日まで標準水中養生を行った。

2.3 曝露期間および調査時期

曝露は、1986 年 9 月に開始した。調査は、材齢 5 年までは半年おきに、材齢 5 年から 10 年までは 1 年おき、それ以降は材齢 12 年、15 年、20 年に行った。材齢 5 年までの調査を行う時期は、凍害の生じやすくなる冬期前の 10 月と冬期後の 4 月とした。しかし、10 月と 4 月の調査で顕著な差が認められなかったため、材齢 6 年以降は毎年 6 月頃の調査のみとした。表 2.3.1 に調査時期を示す。

表 2.3.1 調査時期

曝露期間	0	1		2		3		4		5		6	7	8	9	10	12	15	20	30
年	1986	87		88		89		90		91		92	93	94	85	96	98	2001	06	2016
月	9	4	10	4	10	4	10	4	10	4	10	5	6	7	6	6	6	6	6	9

2.4 調査項目および試験方法

2.4.1 調査項目の概要

1) 曝露開始前(標準水中養生材齢 28 日)

曝露供試体の初期値として一次共鳴振動数、質量、圧縮強度、静弾性係数の測定および外観観察を行った。

2) 曝露開始から材齢 30 年まで

凍害による経時的な劣化を評価するために、表 2.3.1 の調査時期に動弾性係数および質量の計測を行った。また、材齢 10 年、材齢 20 年および材齢 30 年時には、下記の調査項目を追加し調査を行った。なお追加の調査項目には、水に浸漬させていない供試体(2.1.2 参照)を用いて試験を行った。

3) 材齢 10 年時の追加調査項目

水に浸漬していない供試体から 10×10×10cm の試料をコンクリートカッターで採取し、中性化深さ、細孔量の調査を行った。試料の採取箇所を図 2.4.1 に示す。試料を採取した後、残った 10×10×30cm の供試体は再びもとの場所で曝露を行った。

4) 材齢 20 年時の追加調査項目

材齢 10 年時の調査に使用した 10×10×30cm の供試体を使用し、圧縮強度(10×10×10cm の立方供試体)、中性化深さ、気泡間隔係数、細孔量の調査を行った。試料の採取箇所を図 2.4.2 に示す

5) 材齢 30 年時の追加調査項目

材齢 20 年時の調査と同様に、圧縮強度、中性化深さ、細孔量の調査を行った。

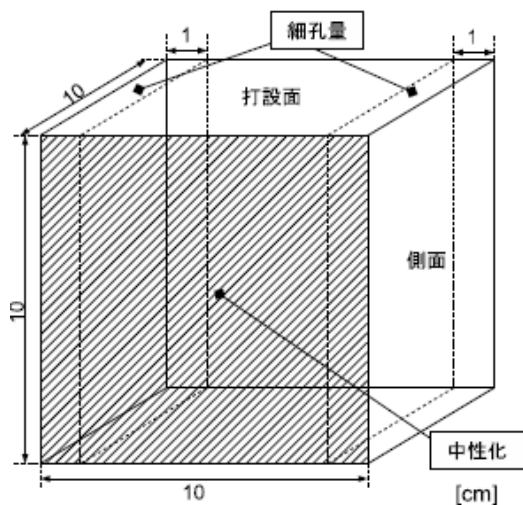


図 2.4.1 材齢 10 年時調査の試料採取箇所

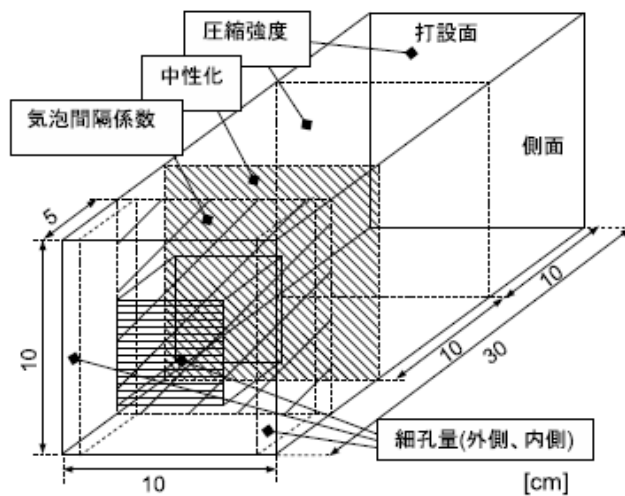


図 2.4.2 材齢 20・30 年時調査の試料採取箇所

材齢 28 日、10 年、20 年および 30 年時の追加調査項目を表 2.4.1 にまとめて示す。

表 2.4.1 材齢 10 年と材齢 20 年の追加調査項目

追加調査項目	材齢 28 日	材齢 10 年	材齢 20 年	材齢 30 年
圧縮強度	○		○	○
静弾性係数	○			
中性化深さ		○	○	○
細孔量		○	○	○
気泡間隔係数			○	

以下に、各調査項目の詳細を報告する。

2.4.2 各曝露地の凍結日数および凍結融解回数

気象庁気象統計情報⁴⁾より 1986 年から 2016 年までの各曝露地の気象データを抽出し、曝露供試体が実際にさらされた気象環境を調査した。調査は耐久性を阻害する要因マップ¹⁾を参考とし、凍結温度を -5°C 以下または -10°C 以下、融解温度を 0°C 以上と設定して行った。そして、日最低気温が凍結温度以下となる日数を凍結日数とし、凍結後に日最高気温が融解温度以上になる回数を凍結融解回数としてカウントした。なお、 -5°C はコンクリートが凍る最低限の凍結温度として設定し、 -10°C は水の結晶が急激に成長する温度として設定している。

2.4.3 気泡間隔係数

材齢 10 年の際に、画像解析装置により気泡表面間距離の計測を行った。気泡間隔係数は、ASTM

C 457-06「Standard Method for Microscopical Determination of Parameters of the Air-Void System in Hardened Concrete PROCEDURE B – MODIFIED POINT-COUNT METHOD」に準拠して修正ポイントカウント法により行った。規格化されている方法ではないが、全ての供試体を調査していることから参考までに資料編 1) に掲載する。なお、気泡表面間距離と気泡間隔係数には線形の比例関係があると報告⁵⁾⁶⁾されている。

2.4.4 圧縮強度および静弾性係数

材齢 28 日の圧縮強度試験は、標準水中養生後に JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」に準じて行い、静弾性係数は、圧縮強度の試験の際にコンプレッソメータを用いて、応力-ひずみ曲線を計測（現 JIS A 1149「コンクリートの静弾性係数試験方法」）し、最大荷重の 1/3 における応力とひずみより割線弾性係数を求めた。

材齢 20 年および 30 年の圧縮強度試験は、図 2.4.3 に示すように 10×10×10cm の立方体を 2 本作製し試験に供した。供試体の寸法以外は JIS A 1107「コンクリートからのコアの採取方法及び圧縮強度試験方法」に準拠して行った。載荷方向は、切断し研磨した面を載荷面としたため、打設方向に対して垂直方向となる。また、角柱供試体と円柱供試体による試験結果の差は小さい⁷⁾ため、供試体の高さとの比による補正係数のみを乗じて圧縮強度とした。

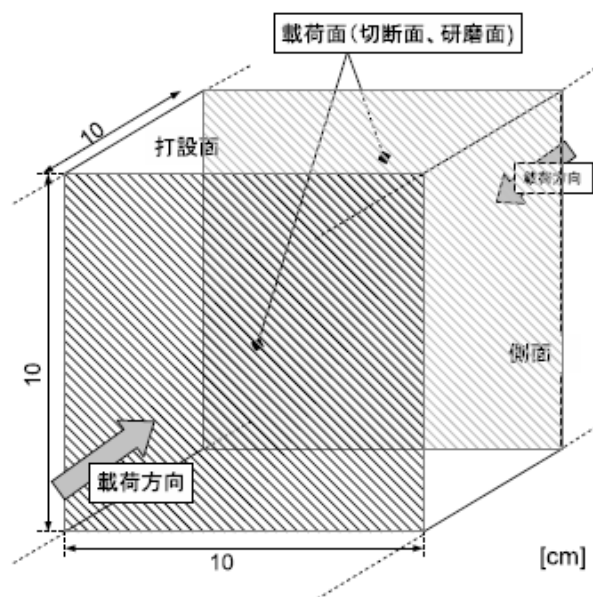


図 2.4.3 圧縮強度試験用供試体(材齢 20 年, 30 年)

2.4.5 外観観察

目視および写真撮影により、凍害によるひび割れおよびスケーリングなどの有無を観察した。

2.4.6 一次共鳴振動数と質量

JIS A 1127「共鳴振動によるコンクリートの動弾性係数、動せん断弾性係数及び動ポアソン比試験方法」に準拠して、たわみ振動および縦振動による一次共鳴振動数と質量を測定した。なお、供試体の含水状態による影響を小さくするために、測定をする 2、3 日前にシートで覆い含水状態を安定させた。

2.4.7 中性化深さ

JIS A 1152「コンクリートの中性化深さの測定方法」に準拠して行った。測定箇所は、切断面の

各4辺、つまり打設面、底面および左右側面からの中性化深さをそれぞれ測定し、計測点数は各辺5箇所とした。なお、材齢10年の際はまだ試験方法が規格化されていなかったが、現試験方法と同様の方法で試験を行っている。

2.4.8 細孔量

試験は、まず粗粉碎した試料を2.5～5.0mmの粒径にふるい分け、アセトンに浸漬し試料中の水和を停止した後、D 乾燥を行い試料調整⁸⁾を行った。調整後の試料を用いて、水銀圧入法により細孔量の計測を行った（装置：材齢10年調査「MICROMERITICS 社製 PORESIZER9310」、材齢20年調査「THERMO ELECTRON CORPORATION 社製 PASCAL」、材齢30年調査「島津社製水銀圧入式ポロシティーメーターMIC-9505」）。

材齢10年の調査では、釧路と東京に曝露した供試体のうち3配調合(wc60s8,wc50s18,wc60s18)を対象に、図2.4.4のように表層から1cmまでの領域を左右側面から採取し試料とした。材齢20年以降の調査では、各曝露地、各配調合を対象とし全ての供試体を調査した。また、供試体の表層と内部の細孔量を比較するために、図2.4.4のように供試体外側に加えて内側の試料も採取した。その際、外側は表層から0.5cmまでの領域を左右側面から採取し、内側は外側と同じ体積となるように中心部より採取し試料とした。計測結果の報告にあたり、材齢10年の調査では単位質量当りの細孔量(mm³/g)を、材齢20年以降の調査では材齢10年の表記に加え、より直接的に細孔量を示すために単位体積当りの細孔量(mm³/cm³)で示す。なお、細孔量の算出にあたり、水銀と試料との接触角を130°として式(1)の圧入圧と細孔径の関係式を使用した。

$$d = - \gamma \cos \theta / P \quad (1)$$

d：細孔直径 (μm)

γ：水銀の表面張力 0.483(N/m)

θ：水銀と試料との接触角 130°

P：圧入圧 (MPa)

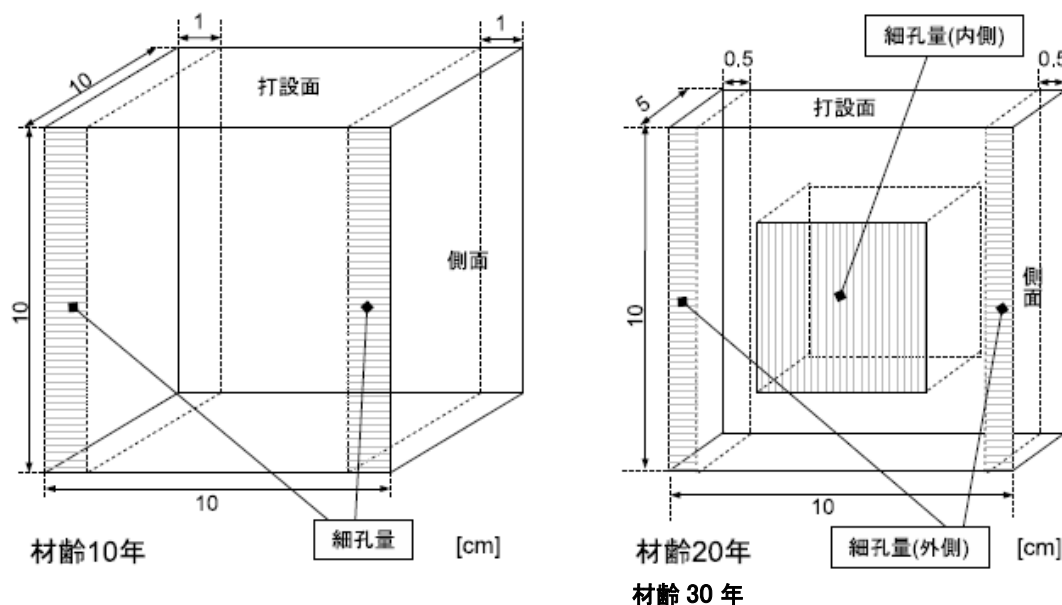


図 2.4.4 細孔量の試料採取位置

3. 試験結果および考察

3.1 各曝露地の凍結日数および凍結融解回数

気象統計情報より推定した、曝露試験期間中(1986 年 9 月～2016 年 9 月)の各曝露地の凍結日数と凍結融解回数を表 3.1.1 に示す。

凍結温度を-5℃以下と設定した場合、凍害危険度は釧路>盛岡>酒田>東京であり、報告書 D-1,2¹⁾と同様の結果であった。また、凍結温度を-10℃以下と設定した場合でも、釧路で 600 回程度、盛岡では 60 回程度の凍結融解が記録されている。本調査により、釧路、盛岡、酒田に曝露した供試体は、凍害劣化の起こり得る気象環境にさらされたことが確認された。

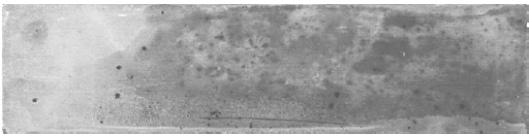
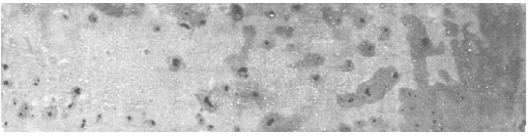
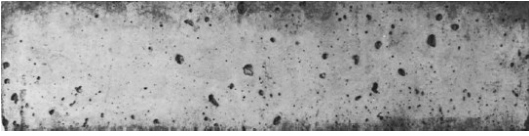
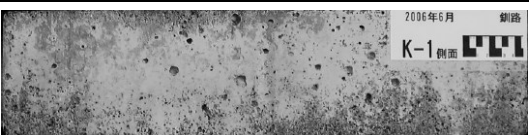
表 3.1.1 凍結日数および凍結融解回数

		最低気温-5℃以下		最低気温-10℃以下		最低気温-18℃以下	
		凍結日数	凍結融解	凍結日数	凍結融解	凍結日数	凍結融解
釧路	材齢 5 年	360	190	176	95	7	0
	材齢 10 年	758	419	364	194	11	0
	材齢 20 年	1765	937	868	425	16	0
	材齢 30 年	2545	1397	1225	599	17	0
盛岡	材齢 5 年	168	115	26	9	0	0
	材齢 10 年	345	270	38	16	0	0
	材齢 20 年	840	634	88	42	0	0
	材齢 30 年	1219	911	128	59	0	0
酒田	材齢 5 年	14	10	0	0	0	0
	材齢 10 年	21	17	0	0	0	0
	材齢 20 年	41	34	0	0	0	0
	材齢 30 年	54	44	0	0	0	0
東京	材齢 5 年	0	0	0	0	0	0
	材齢 10 年	0	0	0	0	0	0
	材齢 20 年	0	0	0	0	0	0
	材齢 30 年	0	0	0	0	0	0

3.2 外観観察

曝露開始時および材齢 10 年、20 年、30 年経過した時点の供試体の外観写真を掲載する。釧路、盛岡、酒田および東京の曝露地ごとに、それぞれ写真 3.2.1、写真 3.2.2、写真 3.2.3、写真 3.2.4 に示す。なお、写真は基本的に同じ供試体を用いて、同一側面を対象に撮影したものである。

一部の供試体でペーストの剥離は見られたが、ひび割れやモルタルの欠損は生じなかった。また、曝露地による差は明確には認められなかった。

配調合	材 齢	釧路-K3	釧路-K1
Wc50s8	0 年		
	10 年		
	20 年		
	30 年		

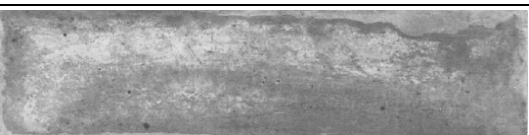
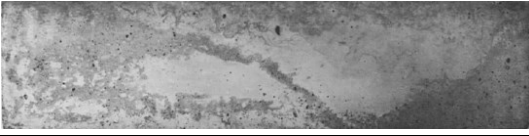
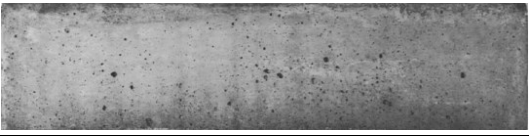
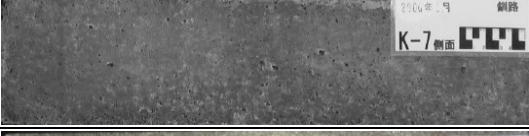
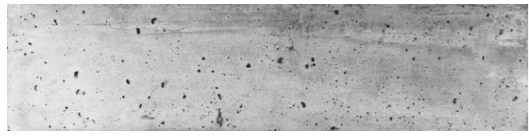
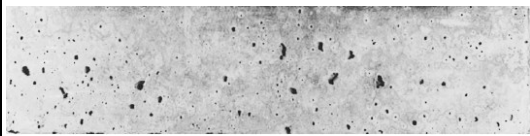
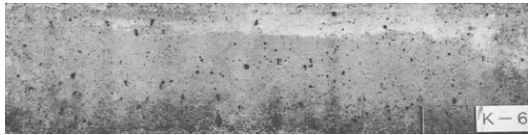
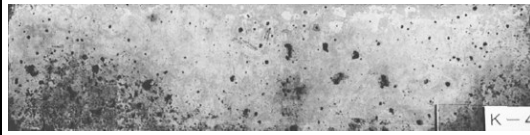
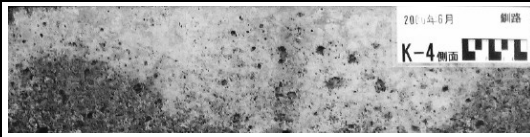
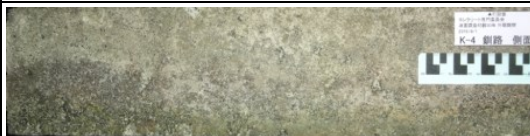
配調合	材 齢	釧路-K9	釧路-K7
wc50s18	0 年		
	10 年		
	20 年		
	30 年		

写真 3.2.1 釧路に曝露した供試体の外観変化(水セメント比 50%)

配調合	材 齢	釧路-K6	釧路-K4
wc60s8	0 年		
	10 年		
	20 年		
	30 年		

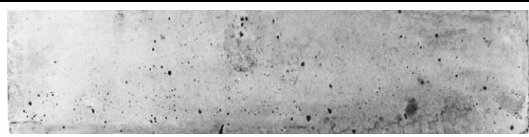
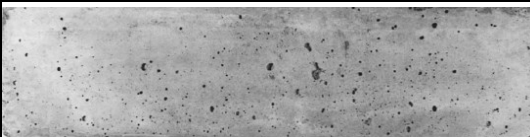
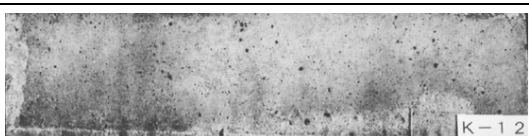
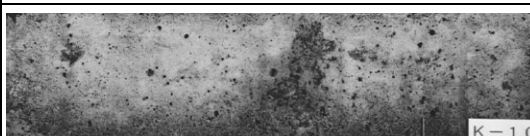
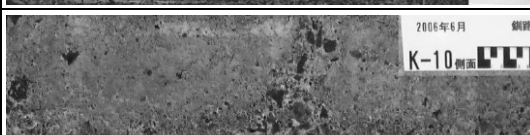
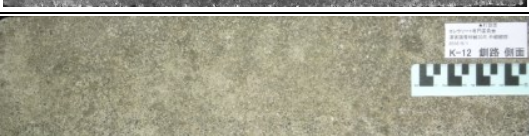
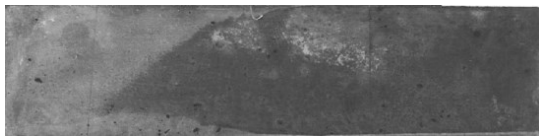
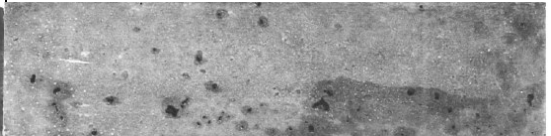
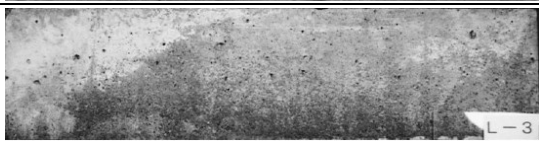
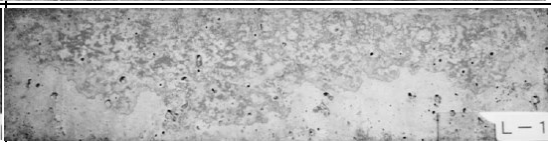
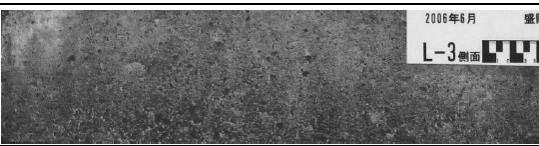
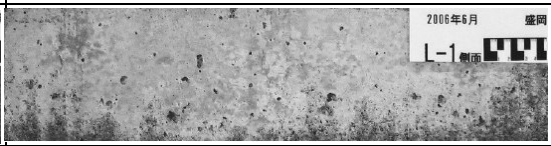
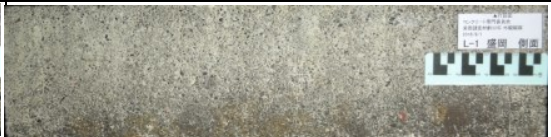
配調合	材 齢	釧路-K12	釧路-K10
wc60s18	0 年		
	10 年		
	20 年		
	30 年		

写真 3.2.1 釧路に曝露した供試体の外観変化(水セメント比 60%)

配調合	材 齢	盛岡-L3	盛岡-L1
wc50s8	0 年		
	10 年		
	20 年		
	30 年		

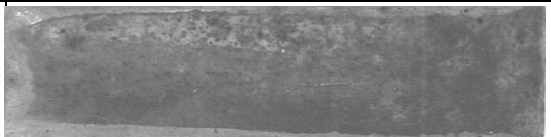
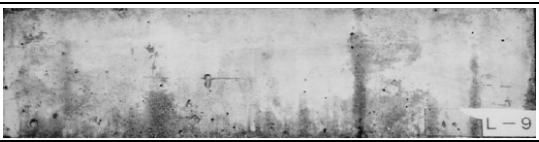
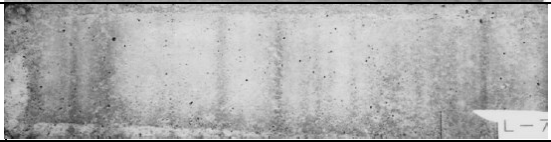
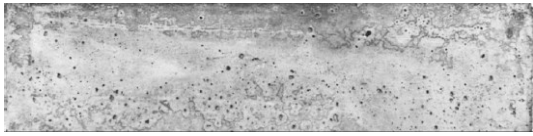
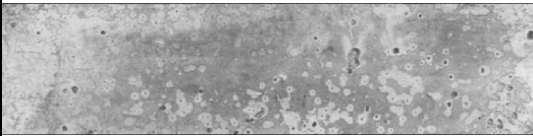
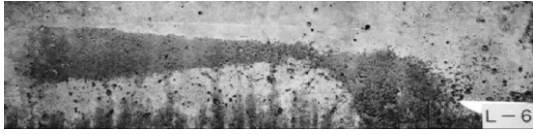
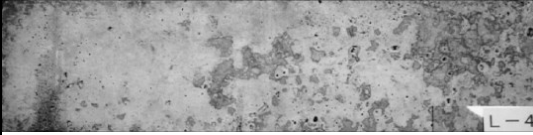
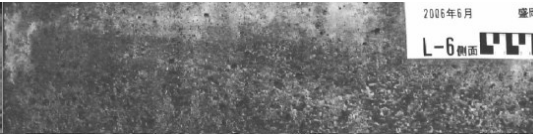
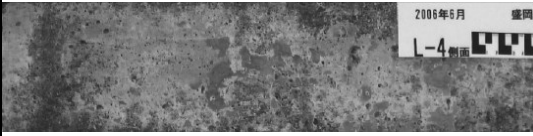
配調合	材 齢	盛岡-L9	盛岡-L7
wc50s18	0 年		
	10 年		
	20 年		
	30 年		

写真 3.2.2 盛岡に曝露した供試体の外観変化(水セメント比 50%)

配調合	材 齢	盛岡-L6	盛岡-L4
wc60s8	0 年		
	10 年		
	20 年		
	30 年		

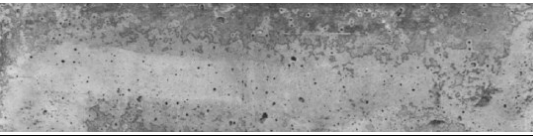
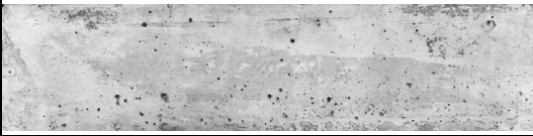
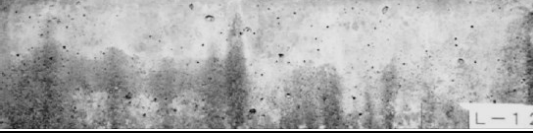
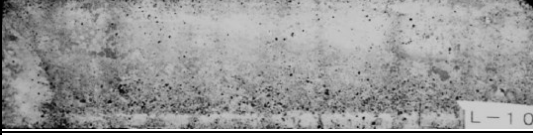
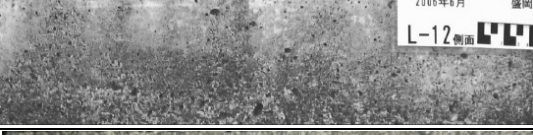
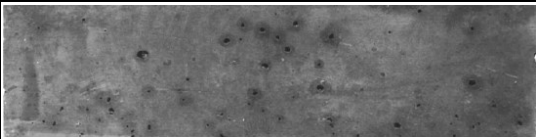
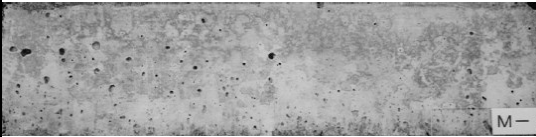
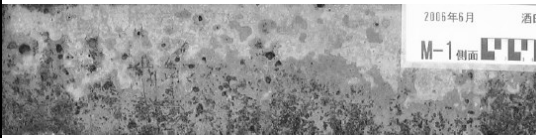
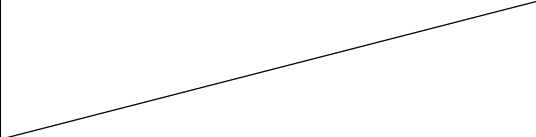
配調合	材 齢	盛岡-L12	盛岡-L10
wc60s18	0 年		
	10 年		
	20 年		
	30 年		

写真 3.2.2 盛岡に曝露した供試体の外観変化(水セメント比 60%)

配調合	材 齢	酒田-M3	酒田-M1
wc50s8	0 年		
	10 年		
	20 年		
	30 年		

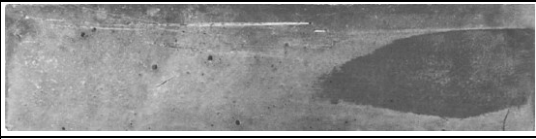
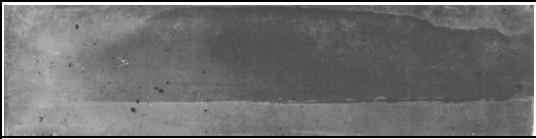
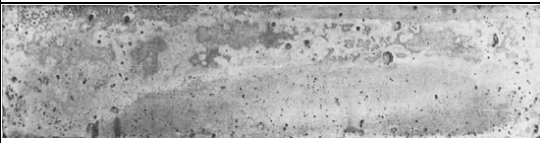
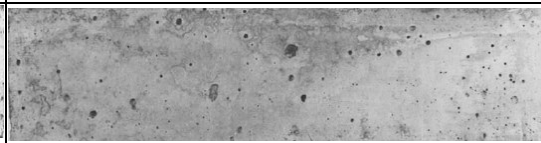
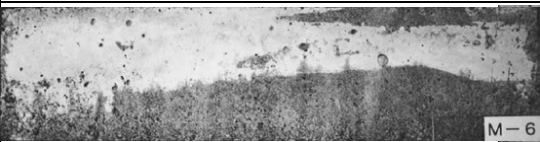
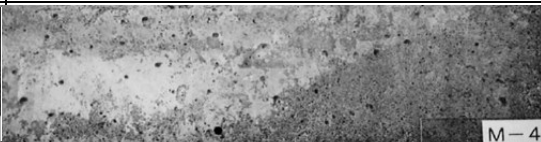
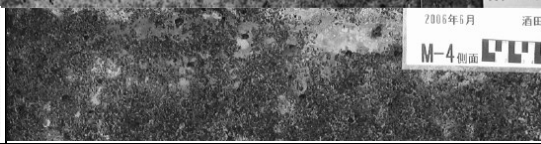
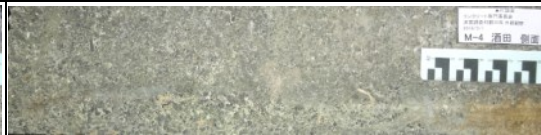
配調合	材 齢	酒田-M9	酒田-M7
wc50s18	0 年		
	10 年		
	20 年		
	30 年		

写真 3.2.3 酒田に曝露した供試体の外観変化(水セメント比 50%)

配調合	材 齢	酒田-M6	酒田-M4
wc60s8	0 年		
	10 年		
	20 年		
	30 年		

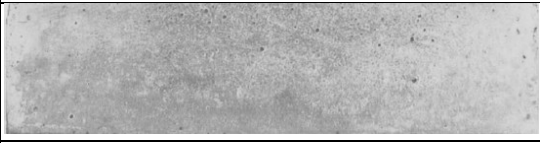
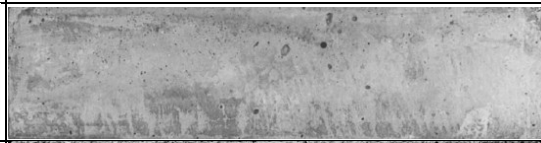
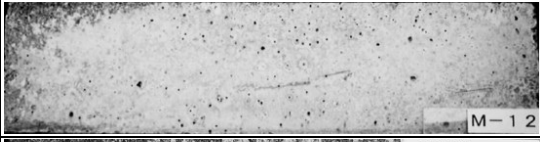
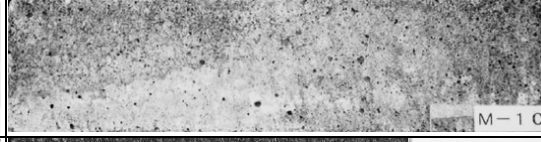
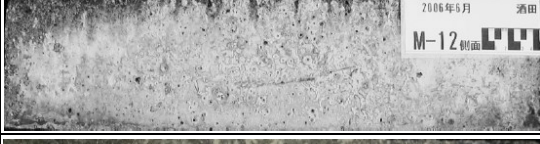
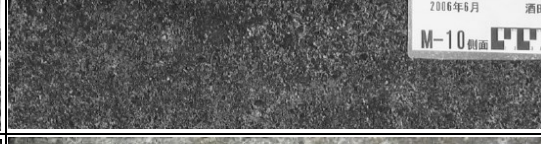
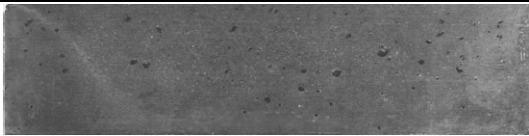
配調合	材 齢	酒田-M12	酒田-M10
wc60s18	0 年		
	10 年		
	20 年		
	30 年		

写真 3.2.3 酒田に曝露した供試体の外観変化(水セメント比 60%)

配調合	材 齢	東京-N3	東京-N1
wc50s8	0 年		
	10 年		
	20 年		
	30 年		

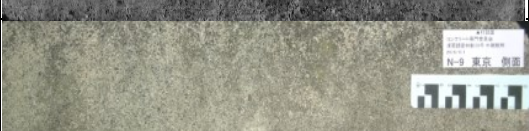
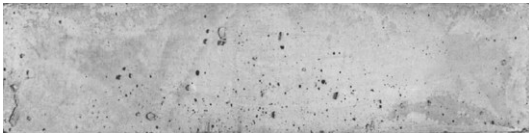
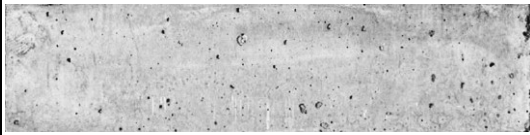
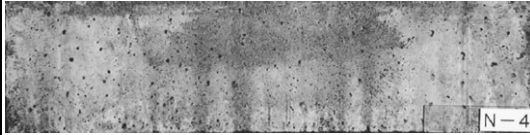
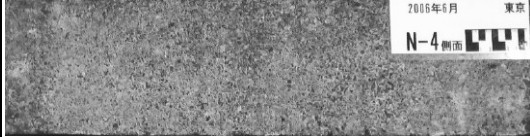
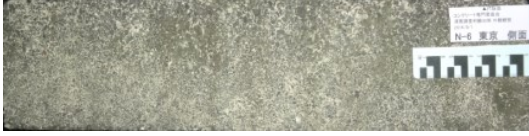
配調合	材 齢	東京-N9	東京-N7
wc50s18	0 年		
	10 年		
	20 年		
	30 年		

写真 3.2.4 東京に曝露した供試体の外観変化(水セメント比 50%)

配調合	材 齢	東京-N6	東京-N4
wc60s8	0 年		
	10 年		
	20 年		
	30 年		

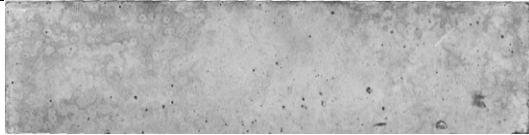
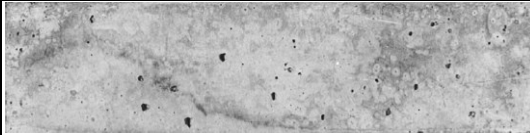
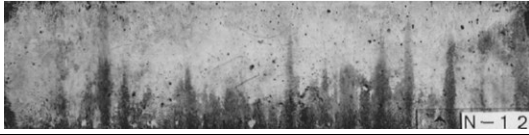
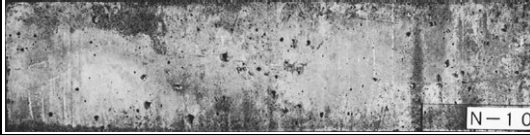
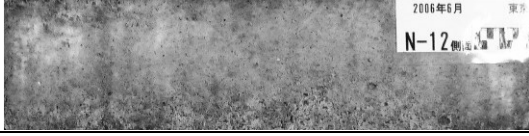
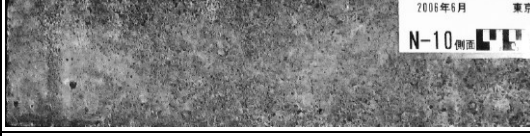
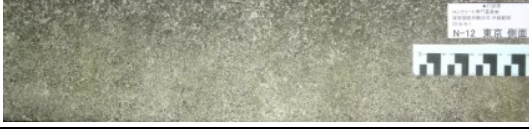
配調合	材 齢	東京-N12	東京-N10
wc60s18	0 年		
	10 年		
	20 年		
	30 年		

写真 3.2.4 東京に曝露した供試体の外観変化(水セメント比 60%)

3.3 相対動弾性係数の経年変化

たわみ振動および縦振動による一次共鳴振動数から算出した相対動弾性係数の経年変化を図 3.3.1、図 3.3.2 に示した。曝露地と配調合を水準に図示した。

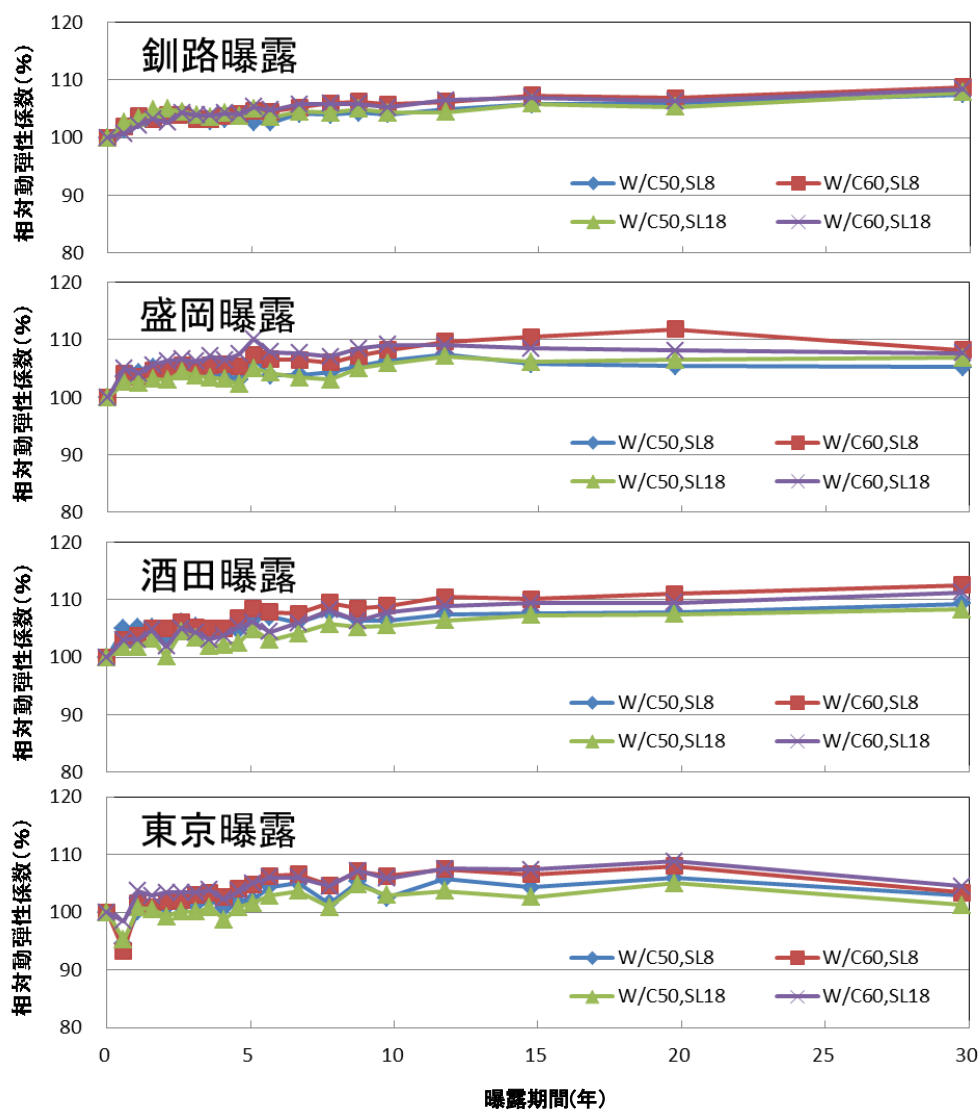


図 3.3.1 相対動弾性係数の経年変化(たわみ振動)

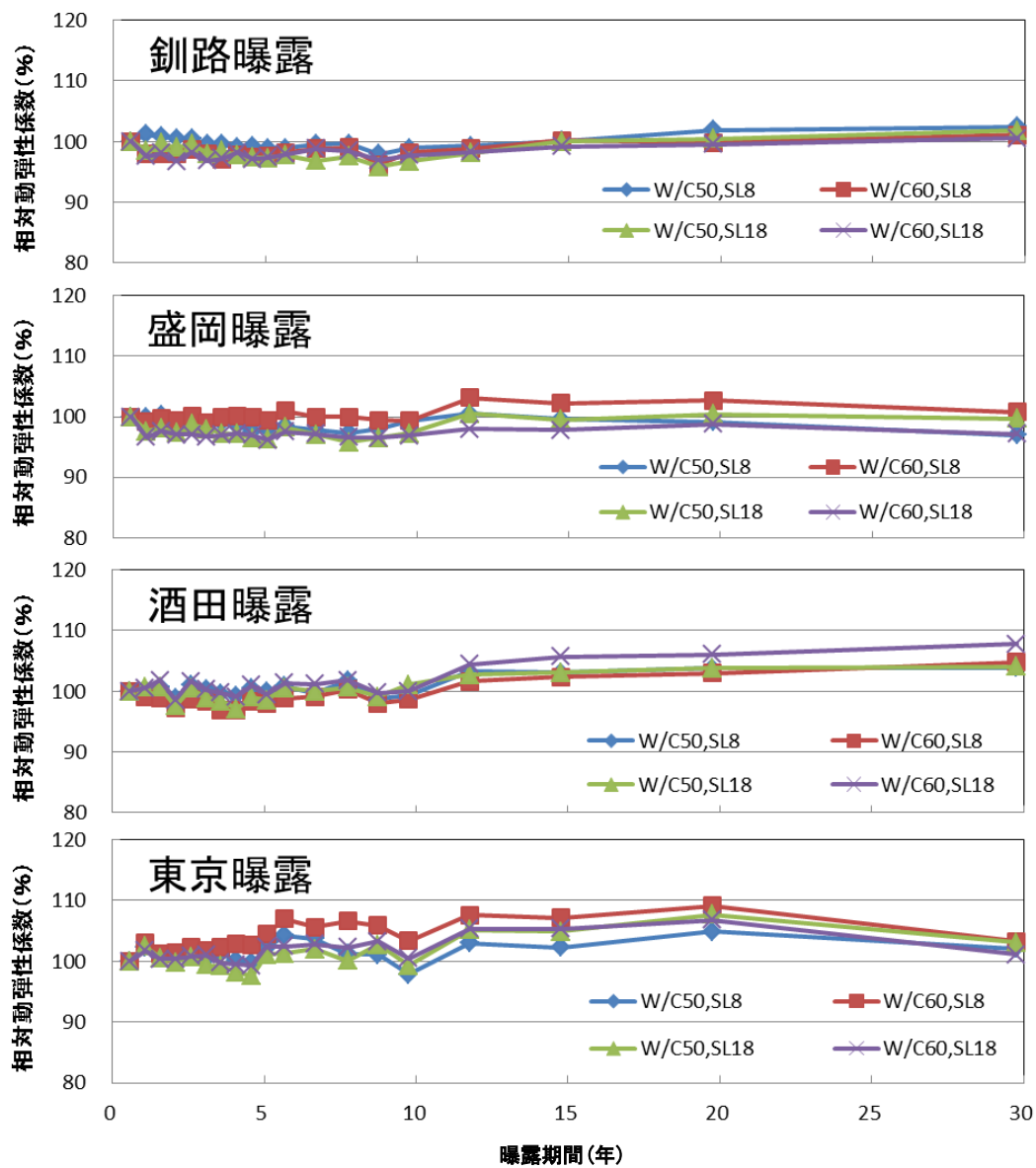


図 3.3.2 相対動弾性係数の経年変化(縦振動)

すべての曝露地、配調合で、たわみ振動および縦振動による相対動弾性係数は、初期値からの低下が認められず、凍結融解による劣化の兆候は確認されなかった。配調合の違いによる差は見られない。曝露地による係数の変化に違いはあるが、凍結融解に関わるものかどうかは不明である。また、表層の状態をより評価できるたわみ振動⁹⁾による結果において、縦振動による結果と同様に相対動弾性係数の低下が認められないことから、供試体の表層も内部と同等に健全であると考えられる。

3.4 質量の経年変化

質量の経年変化を図3.4.1 に示す。何れの供試体も、曝露開始初期は乾燥により大きく質量減少するが、その後は長期にわたり緩やかに減少している。長期にわたる質量減少ではペースト分の剥離などが影響していると考えられるが、極端な質量の減少は生じておらずスケーリングなどによる凍害劣化の兆候は確認されなかった。

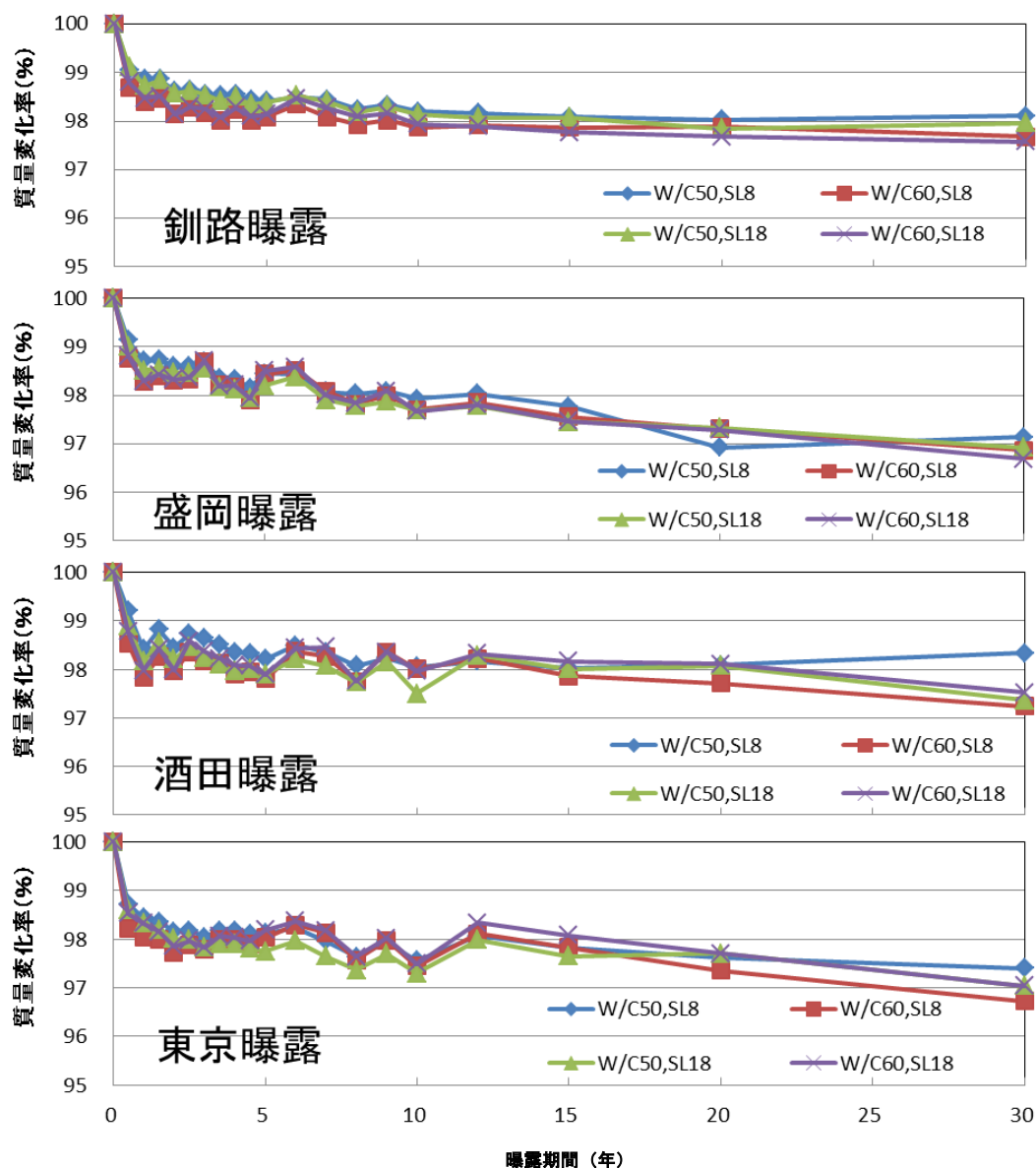


図3.4.1 質量の経年変化

3.5 圧縮強度および静弾性係数

材齢28 日の圧縮強度および静弾性係数と、各曝露地において20年間曝露した供試体の圧縮強度を表3.5.1、図3.5.1 に示す。

表3.5.1 圧縮強度(材齢28 日、20年、30年) および静弾性係数(材齢28 日)

配調合	材齢 28 日		材齢 20 年				材齢 30 年			
	圧縮強度 (N/mm ²)	静弾性係数 (kN/mm ²)	釧路	盛岡	酒田	東京	釧路	盛岡	酒田	東京
Wc50s8	43.2	31.7	63.8	60.6	60.2	61.2	55.7	58.1	59.3	53.9
Wc60s8	31.9	28.8	52.5	53.8	52.4	44.5	48.4	49.9	50.4	47.0
Wc50s18	42.0	31.1	64.6	60.4	57.7	53.7	58.3	59.9	60.2	56.9
Wc60s18	30.8	27.8	53.4	56.6	56.0	47.5	46.9	51.9	50.0	48.8

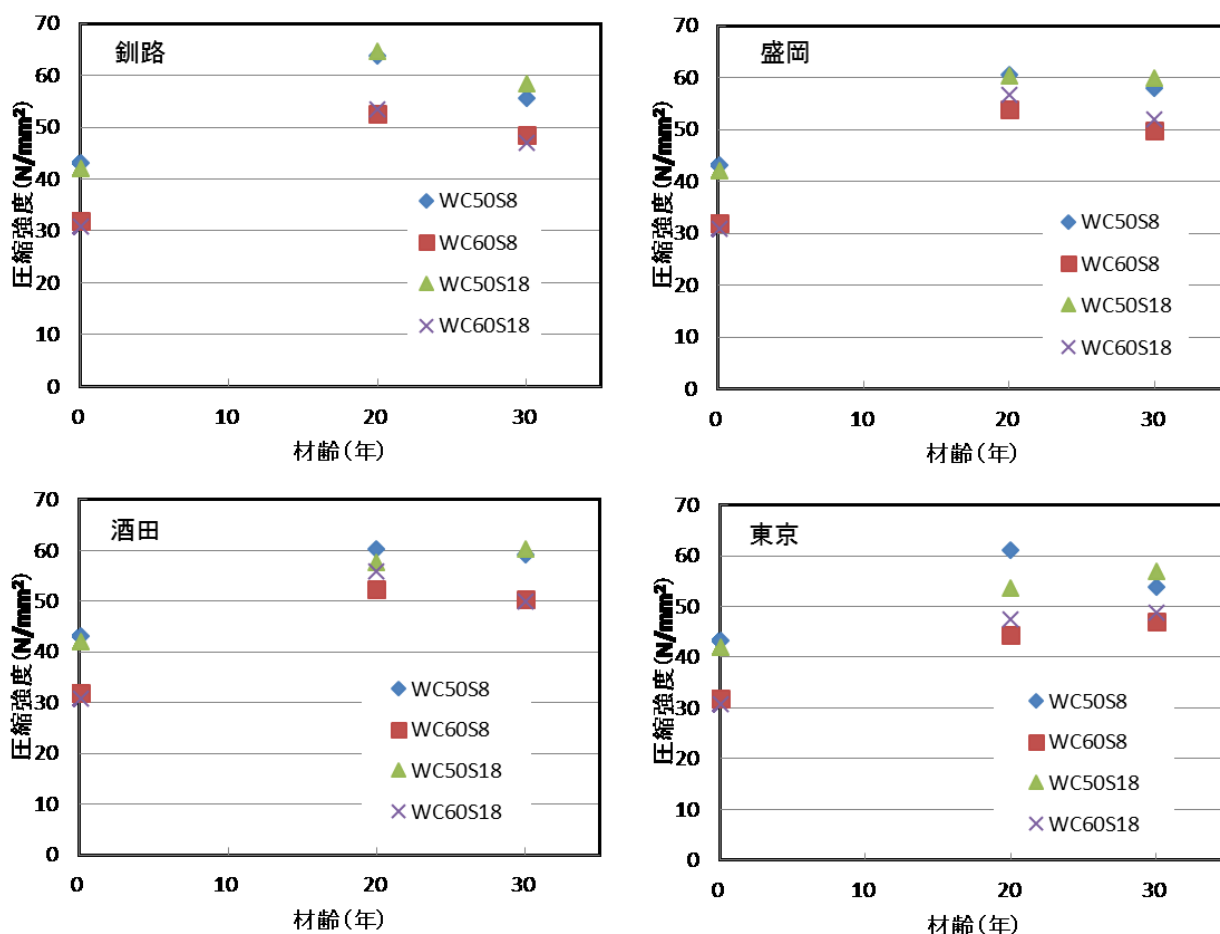


図 3.5.1 材齢と圧縮強度の関係

すべての曝露地、すべての配調合で圧縮強度は保持されており、供試体の形状・寸法が異なる（2.4.4 参照）ため正確な比較は困難であるが、材齢 28 日に対する材齢 20 年及び 30 年の強度増進比は約 1.3 ～1.8 となった。圧縮強度の結果からも、凍害による著しい劣化は確認されなかった。

3.6 中性化深さ

各材齢の平均中性化深さと最大中性化深さを、供試体の側面、打設面および底面にわけて、表 3.6.1、表 3.6.2 および表 3.6.3 に示す。

測定面毎の中性化深さを図 3.6.1 に示す。いずれの配調合においても、中性化深さは、打設面＞側面＞底面の順に大きくなる傾向にあった。

次頁以降では、側面の測定結果に着目して、曝露場所や配調合が中性化深さに与える影響を考察する。

表 3.6.1 側面からの中性化深さ

配調合	中性化深さ(mm)																							
	平均												最大値											
	釧路			盛岡			酒田			東京			釧路			盛岡			酒田			東京		
	10年	20年	30年	10年	20年	30年	10年	20年	30年	10年	20年	30年	10年	20年	30年	10年	20年	30年	10年	20年	30年	10年	20年	30年
wc50s8	0.3	1.4	1.6	0.4	2.0	0.5	0.1	1.4	0.1	0.7	3.1	3.0	1.0	2.7	2.2	1.5	4.0	1.6	1.0	2.6	0.8	2.0	5.9	3.9
wc60s8	1.6	3.1	3.5	1.6	2.3	1.0	1.5	2.5	1.4	2.3	4.1	5.0	3.5	4.8	4.7	3.0	4.1	2.0	2.5	4.2	2.9	4.0	10.3	8.3
wc50s18	0.0	0.6	2.4	0.0	1.2	1.1	0.1	1.6	0.0	0.8	1.7	1.7	0.0	1.5	2.9	0.0	2.7	6.4	1.0	2.6	0.0	2.0	2.7	2.9
wc60s18	1.5	1.9	6.3	1.1	2.2	0.5	0.5	1.7	0.5	1.3	2.6	3.1	2.5	3.5	9.9	2.5	3.7	1.5	1.5	4.2	1.9	2.0	3.6	4.0

表 3.6.2 打設面からの中性化深さ

配調合	中性化深さ(mm)																							
	平均												最大値											
	釧路			盛岡			酒田			東京			釧路			盛岡			酒田			東京		
	10年	20年	30年	10年	20年	30年	10年	20年	30年	10年	20年	30年	10年	20年	30年	10年	20年	30年	10年	20年	30年	10年	20年	30年
wc50s8	0.2	1.6	1.6	0.4	1.7	1.9	0.3	1.8	1.2	0.3	3.3	3.1	1.0	2.1	2.0	1.5	2.7	2.4	1.5	2.8	1.5	0.5	7.2	4.2
wc60s8	1.2	2.3	2.7	2.3	2.3	1.2	0.3	2.7	1.1	2.0	4.2	4.3	2.0	4.3	3.0	2.5	3.7	1.8	1.5	4.4	1.7	2.5	9.4	5.5
wc50s18	0.2	1.8	2.8	0.3	1.6	0.4	0.4	2.3	0.2	0.9	2.5	2.4	0.5	4.3	3.5	0.5	2.7	1.2	1.0	3.9	0.8	2.0	4.0	5.7
wc60s18	1.8	3.0	5.0	1.2	2.2	0.9	1.0	2.1	0.9	0.9	2.5	3.0	3.0	6.0	5.7	2.0	5.0	1.5	2.0	8.9	1.8	1.0	5.5	4.3

表 3.6.3 底面からの中性化深さ

配調合	中性化深さ(mm)																							
	平均												最大値											
	釧路			盛岡			酒田			東京			釧路			盛岡			酒田			東京		
	10年	20年	30年	10年	20年	30年	10年	20年	30年	10年	20年	30年	10年	20年	30年	10年	20年	30年	10年	20年	30年	10年	20年	30年
wc50s8	0.0	0.0	0.3	0.0	0.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	2.4	0.0	0.0	1.3	0.0	2.4	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	3.0
wc60s8	0.0	0.2	0.6	0.0	1.3	0.3	0.0	0.4	1.0	0.3	2.0	4.1	0.0	1.8	1.7	0.0	4.5	1.7	0.0	2.2	2.0	0.5	5.1	5.1
wc50s18	0.0	0.0	0.4	0.0	0.1	1.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	1.9	0.0	1.0	2.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	1.4
wc60s18	0.0	0.5	2.9	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	2.1	0.0	1.8	4.6	0.0	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	2.8

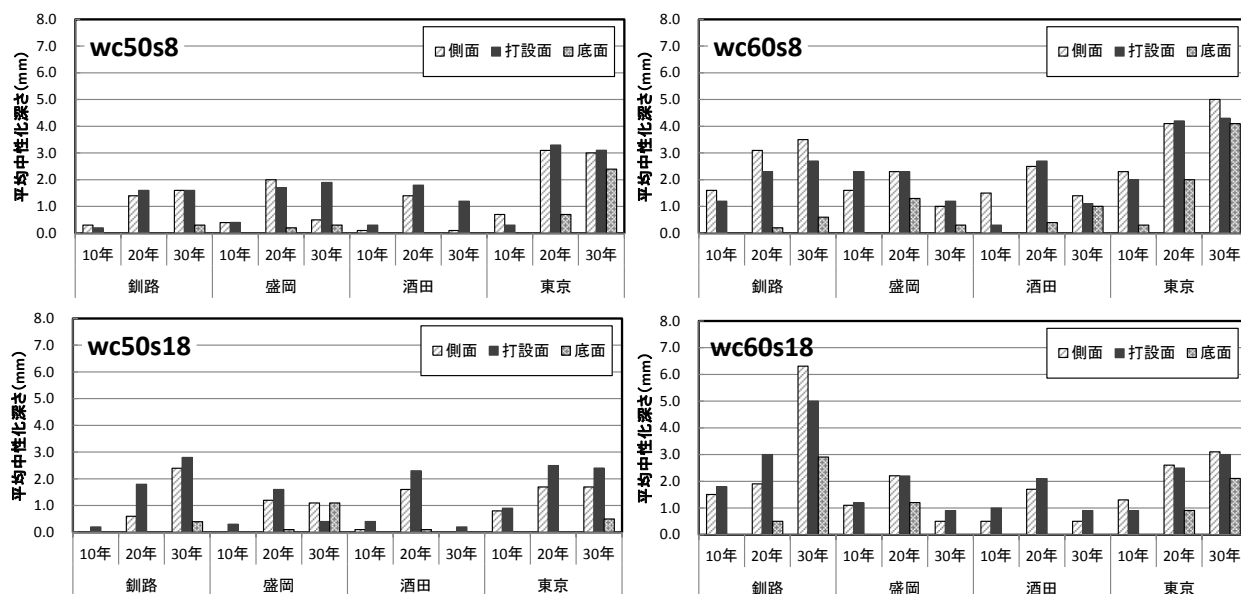


図 3.6.1 測定面毎の中性化深さ

曝露場所が中性化深さに与える影響を図 3.6.2 に示す。いずれの配調合も東京曝露の中性化深さが大きい傾向にあった。配調合によっては、釧路曝露の中性化深さも大きくなった。曝露場所の各年の平均湿度および降水量を気象庁ホームページ¹⁾から抽出し、1986 年から 2016 年の 30 年間を平均した値を表 3.6.4 に示すとおり、湿度は東京が最も小さく、降水量は釧路が最も少なかった。これら気象条件が長期曝露試験の中性化深さに影響しているものと推察される。

次に配調合が中性化深さに与える影響を考察する。水セメント比が中性化深さに与える影響を図 3.6.3 に、スランプが中性化深さに与える影響を図 3.6.4 に示す。水セメント比は、低い方が中性化深さは小さくなったが、スランプと中性化深さには明確な関係が見られなかった。

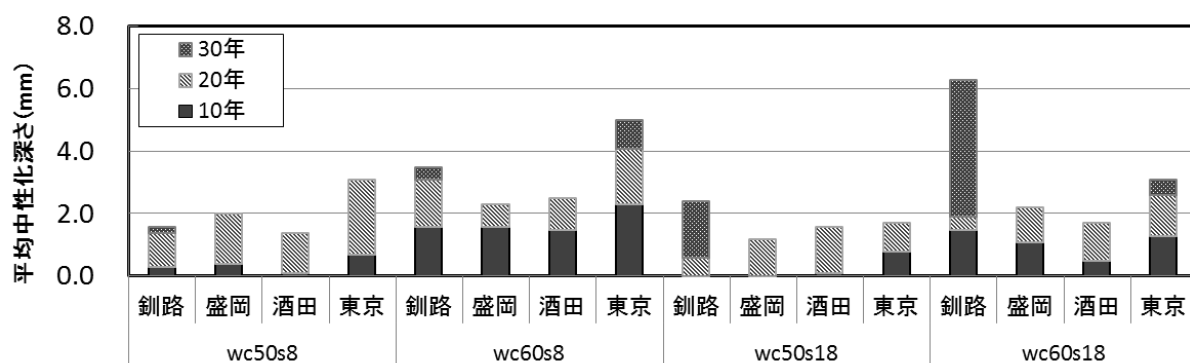


図 3.6.2 曝露場所が中性化深さに与える影響

表 3.6.4 曝露場所の気象条件

曝露場所	1986 年～2016 年の平均値	
	湿度 (%)	降水量 (mm)
釧路	77	1087
盛岡	74	1275
酒田	72	1931
東京	62	1584

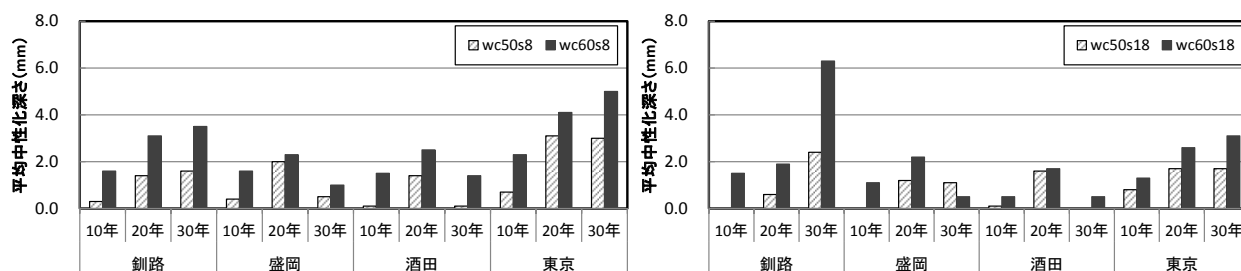


図 3.6.3 水セメント比が中性化深さに与える影響

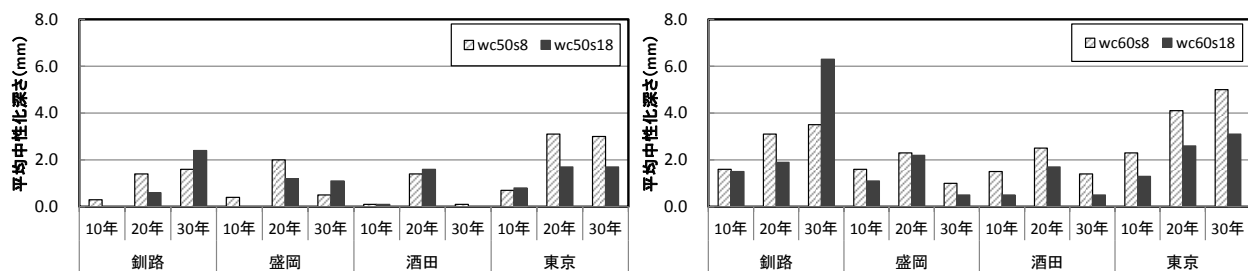


図 3.6.4 スランプが中性化深さに与える影響

材齢 5 年以降に気中と水槽の二通りの曝露環境とした（図 2.1.2 参照）。曝露環境が中性化深さに与える影響を図 3.6.5 に示す。水分が貯まる水槽曝露は、気中曝露よりも中性化深さが小さくなった。

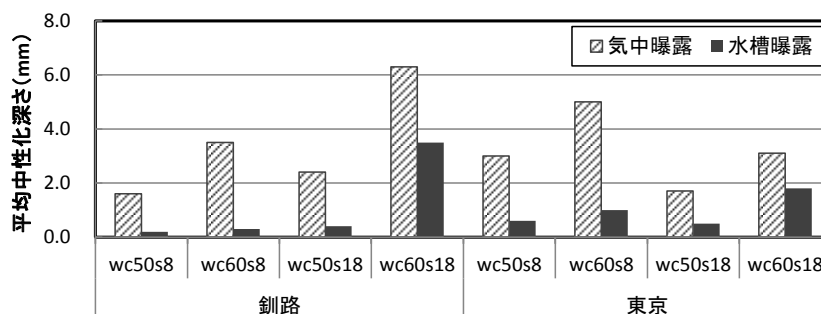


図 3.6.5 曝露環境が中性化深さに与える影響(材齢 30 年)

一連の調査結果と、土木学会コンクリート標準示方書設計編 2012 年制定⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾に示されている、コンクリートの中性化速度係数の予測値から計算した中性化深さ(土木学会式)を比較した結果を、図 3.6.6 と図 3.6.7 に示す。また、以下に予測値算出のための式と係数を示す。

$$y_d = \gamma_{cb} \cdot \alpha_d \sqrt{t}$$

y_d : 中性化深さの設計値

γ_{cb} : 中性化深さの設計値 y_d のばらつきを考慮した安全係数 1.15

α_d : 中性化速度係数の設計値 $\alpha_d = \alpha_k \cdot \beta_e \cdot \gamma_c$

t : 中性化に対する耐用年数 100 年を上限とする。

β_e : 環境作用の程度を表す係数 降雨の影響を受けることから 1.0 とした。

γ_c : コンクリートの材料係数 一般に 1.0

α_k : 中性化速度係数の特性値 $\alpha_k = a + b \cdot W/B$

a, b : 結合材の種類に応じて実績から定まる定数

W/B : 有効水結合材比 $W/B = W / (C_p + k \cdot A_d)$

W : 単位体積当たりの水の質量

B : 単位体積当たりの有効結合材の質量

C_p : 単位体積当たりのポルトランドセメントの質量

A_d : 単位体積当たりの混和材の質量

k : 混和材の種類により定まる定数 フライアッシュ $k=0$ 高炉スラグ $k=0.7$

示方書に示された式（コンクリートライブラリー64「フライアッシュを混和したコンクリートの中性化と鉄筋の発生に関する長期研究(最終報告)」⁽¹¹⁾に示された普通ポルトランドセメントあるいは中熱ポルトランドセメントを用いた 17 種類の実験データに基づいて求めた回帰式）によると、

$$\alpha_k = -3.57 + 9.0W/B \quad \text{となる。}$$

従って、各係数の値を式に代入して整理すると

$$y_d = 1.15 (-3.57 + 9.0W/B) \sqrt{t} \quad (\text{mm}/\sqrt{\text{年}})$$

水セメント比にかかわらず、本測定結果は土木学会式よりも小さいことから、曝露供試体の表層は密実なままであると考えられる。

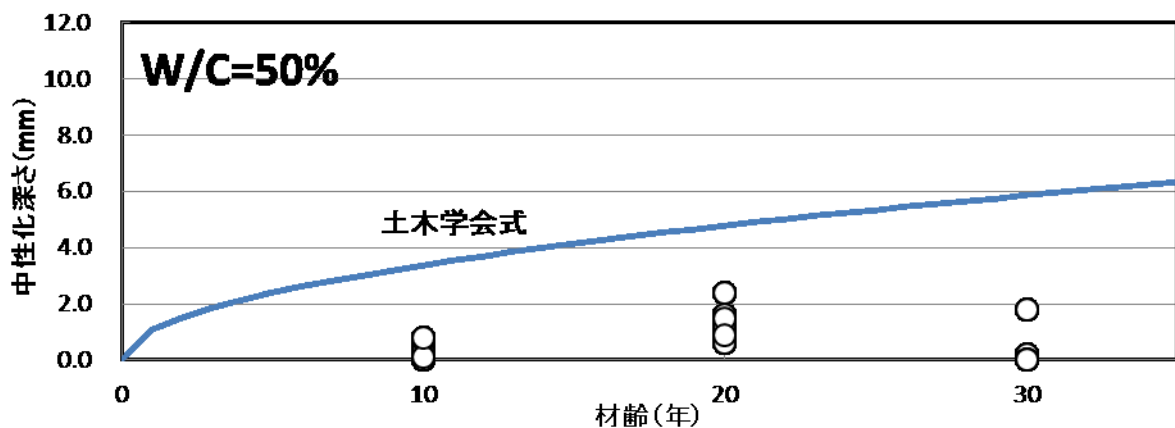


図 3.6.6 土木学会式との比較(W/C=50%)

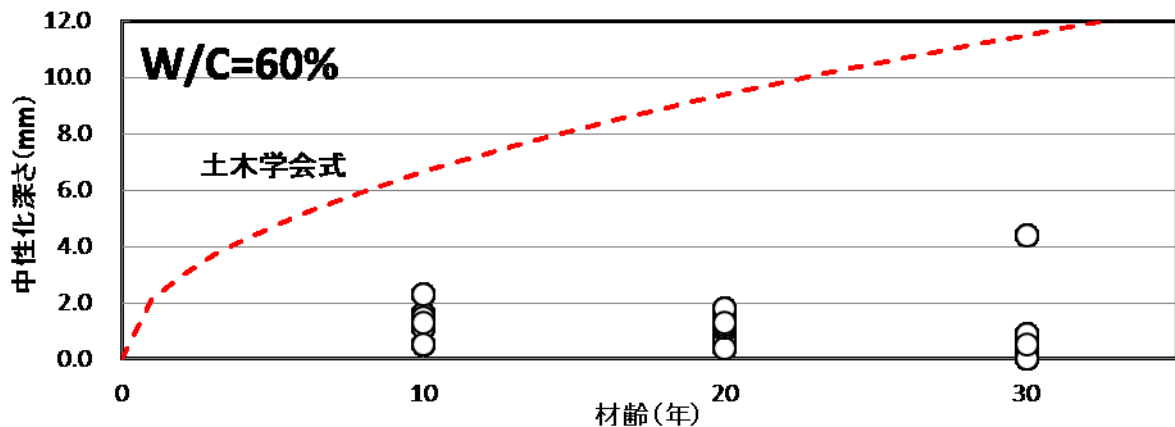


図 3.6.7 土木学会式との比較(W/C=60%)

3.7 気泡間隔係数

材齢 20 年調査で求めた気泡間隔係数を表 3.7.1 に示す。フレッシュ時に同等の空気量を入れたものの、硬化後の気泡組織は異なることが分かった。本調査で曝露した供試体の気泡間隔係数は約 230 μm ～300 μm であった。水セメント比またはスランプが小さいほど気泡間隔係数は小さく耐凍害性が高いと言える。一般的に耐凍害性を得るためには 250 μm 以下の気泡間隔係数が必要である¹²⁾といわれており、本曝露供試体のうちスランプ 18cm の配調合 wc50s18、wc60s18 は気泡間隔係数が 250 μm を上回っていた。

表 3.7.1 気泡間隔係数

配調合	全トラバース長	気泡総数	気泡上停止数	ペースト上停止数	気泡間隔係数
	(mm)	(個)	(回)	(回)	(μm)
wc50s8	2454	548	129	508	232
wc60s8	2475	547	147	538	246
wc50s18	2427	544	146	621	285
wc60s18	2433	456	127	557	304

3.8 細孔量

3.8.1 材齢 10 年の細孔量の測定結果

材齢 10 年時における細孔量について、水セメント比で比較したものを図 3.8.1.1 に、スランプで比較したものを図 3.8.1.2 に示す。

細孔量は水セメント比により差があり、水セメント比が 50%において細孔量が少なく、その差は細孔直径が $0.5\mu\text{m}$ 付近より明確となっている。スランプでは、細孔直径が $1.0\mu\text{m}$ より大きな範囲で若干の差が見られるが、ほぼ同等の細孔量であった。

なお、材齢 10 年時の調査では供試体側面から 1cm 付近までの領域を試料として採取し試験を行った。(図 2.4.1 参照)

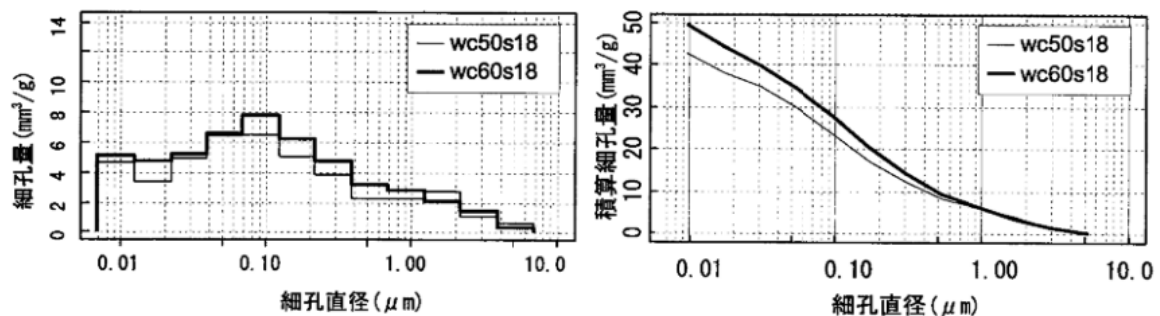


図 3.8.1.1 水セメント比による細孔量の比較(スランプ=18cm、材齢 10 年)

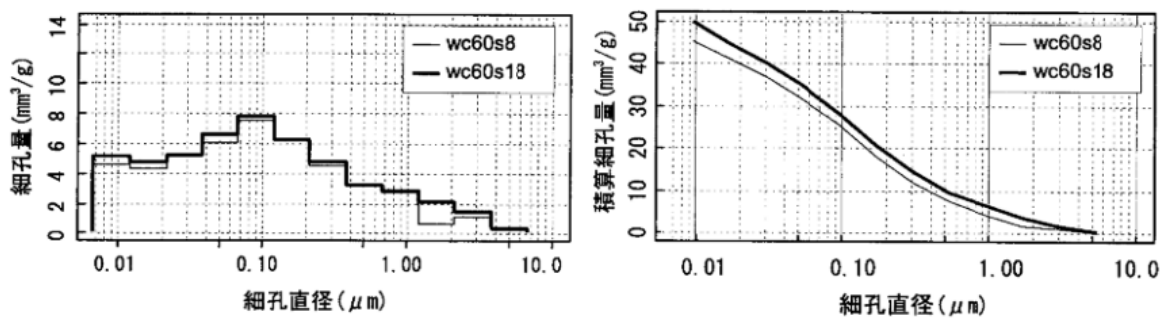


図 3.8.1.2 スランプによる細孔量の比較 (W/C=60%、材齢 10 年)

材齢 10 年時における細孔量を曝露地で比較し、wc60s8 に関して図 3.8.1.3 に、wc60s18 に関して図 3.8.1.4 に示す。

いずれもほぼ同等の細孔量であり、曝露環境の違いによる細孔量の差は材齢 10 年の時点で生じていないことが分かった。

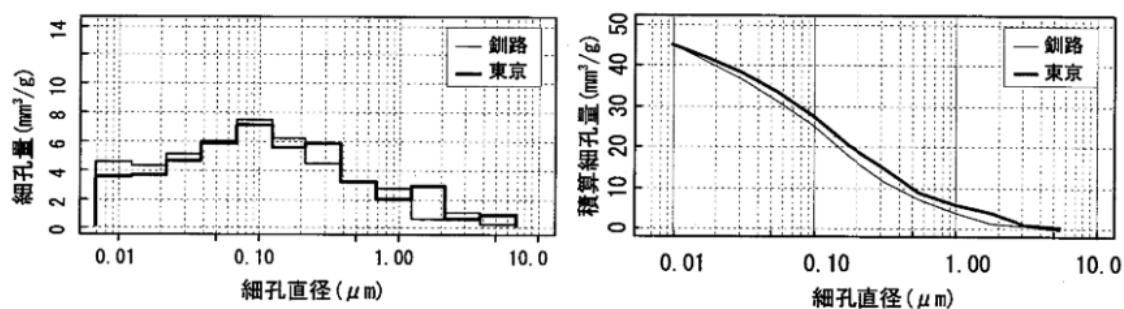


図 3.8.1.3 曝露地による細孔量の比較(W/C=60%、スランプ=8cm、材齢 10 年)

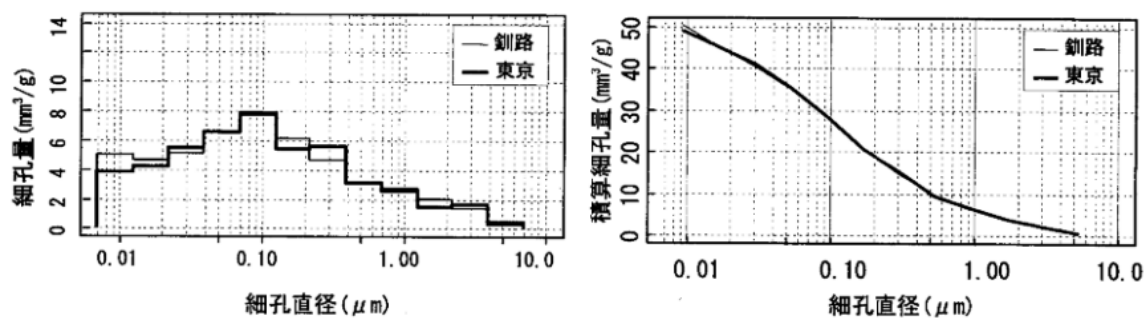


図 3.8.1.4 曝露地による細孔量の比較(W/C=60%、スランプ=18cm、材齢 10 年)

3.8.2 材齢 20 年の細孔量の測定結果

材齢 20 年時における積算細孔量について曝露地で比較したものを図 3.8.2.1 に示す。

曝露地による積算細孔量の差に明確な傾向は確認できなかったが、東京がやや大きい傾向にあった。この曝露地による細孔量差は材齢 10 年の調査において確認されていないことから、この差は材齢 10 年以降に生じたものと考えられる。配調合で見えていくと、wc50s8 の供試体は総細孔量が少なく、供試体の外側と内側の差も小さいことから、他の配調合と比べて曝露環境による影響を受けにくい傾向にあった。

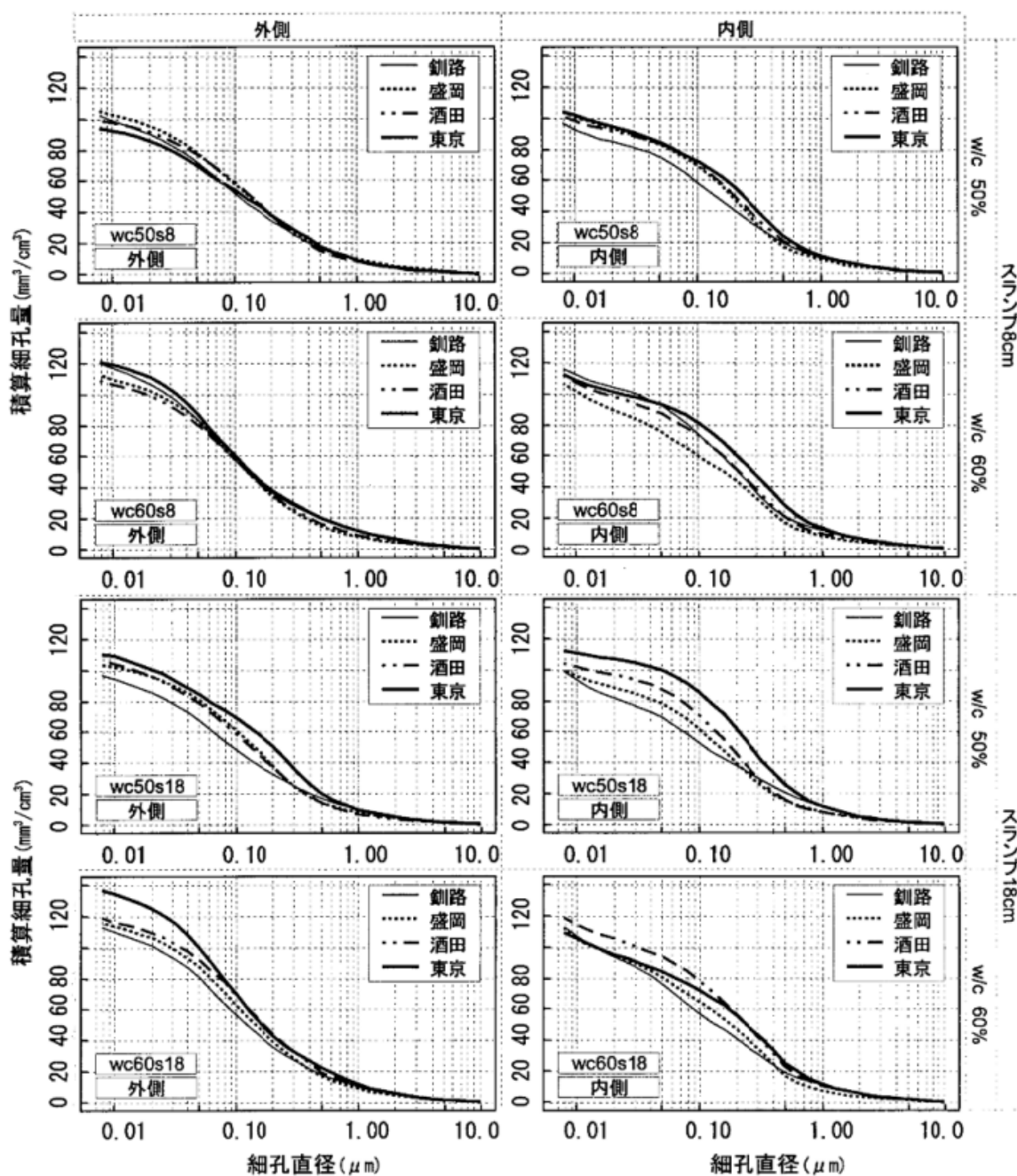


図 3.8.2.1 曝露地による積算細孔量の比較(材齢 20 年)

材齢 20 年時における積算細孔量について配調合で比較したものを図 3.8.2.2 に示す。

供試体外側の細孔量を見ると、水セメント比 50%の供試体で細孔量が少ない傾向にあるが、その他に明確な傾向は認められなかった。曝露地で見ると、東京では配調合によって大きく細孔量の差が生じている一方で盛岡ではほとんど差がないなど、曝露環境によって配調合が細孔量に与える影響の度合いが異なることが分かった。

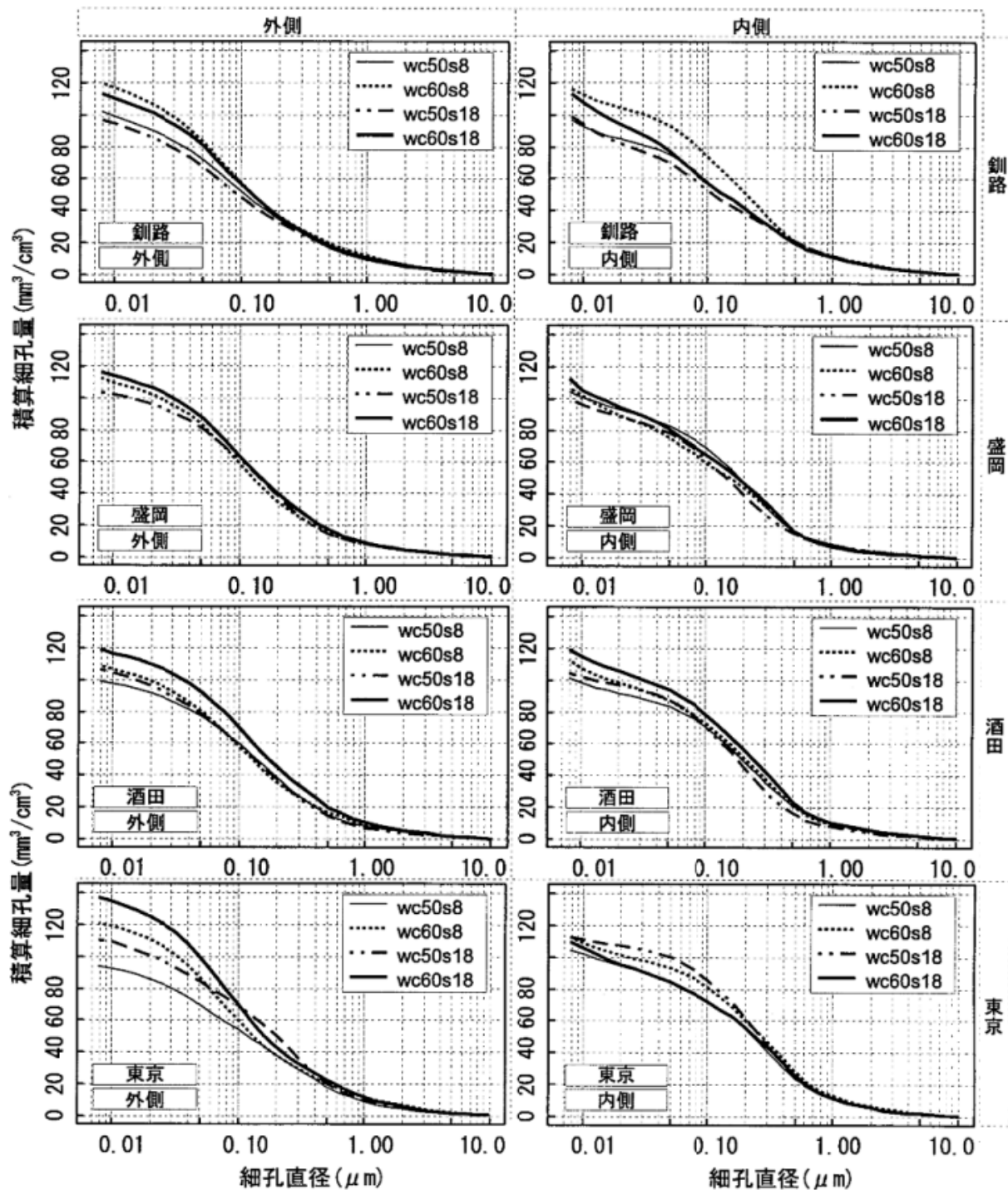


図 3.8.2.2 配調合による積算細孔量の比較(材齢 20 年)

材齢 20 年時における積算細孔量について供試体の外側と内側で比較し、釧路と盛岡を図 3.8.2.3 に、酒田と東京を図 3.8.2.4 に示す。

釧路、盛岡および酒田に曝露した供試体の外側と内側の細孔量を比較すると、細孔直径が $0.03 \sim 0.10 \mu\text{m}$ より大きな範囲では内側の細孔量が多く、径が小さくなるにつれ外側の細孔量が多くなり、総細孔量は外側と内側ではほぼ同じ結果であった。

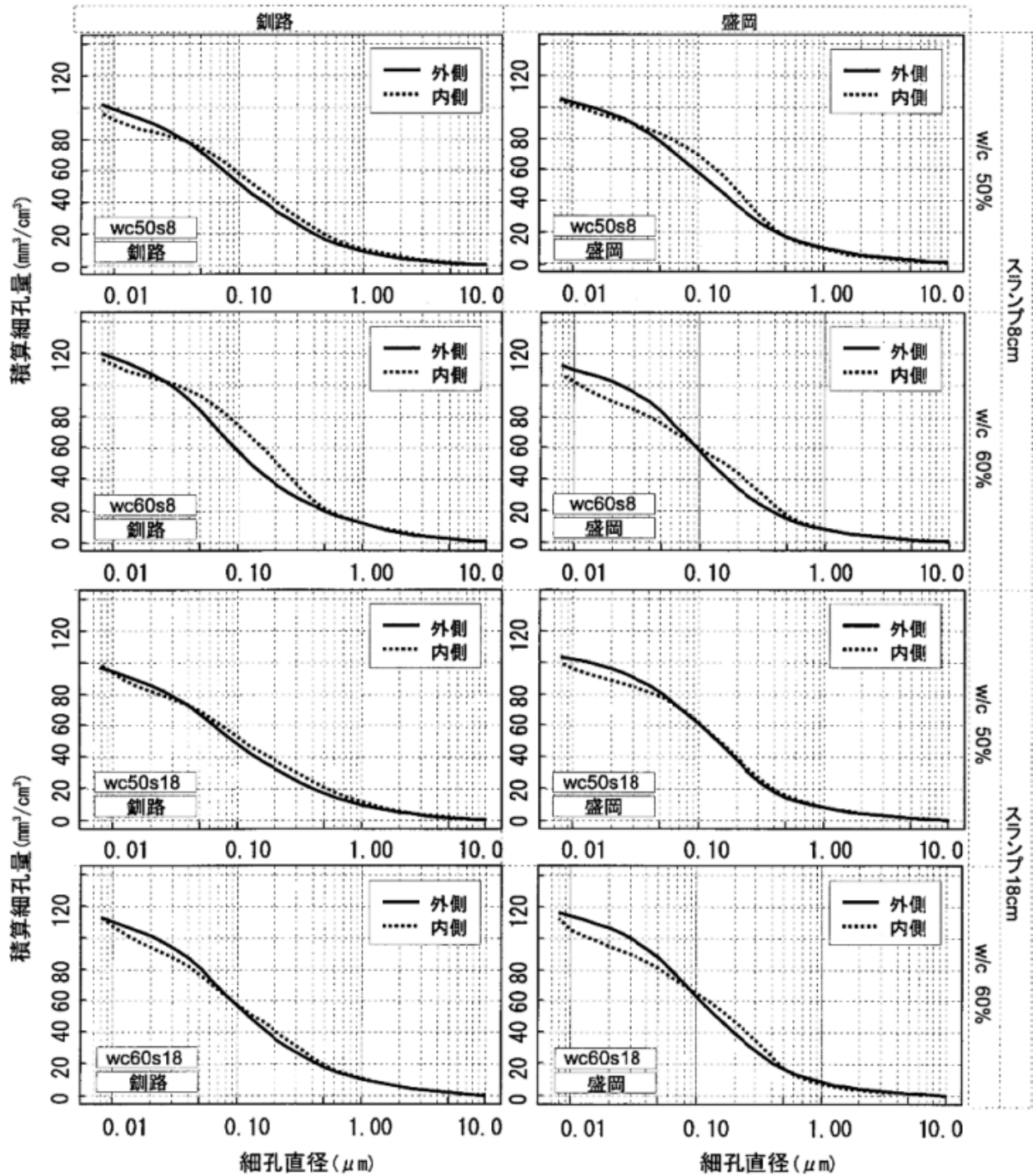


図 3.8.2.3 供試体の外側と内側による積算細孔量の比較(材齢 20 年、釧路・盛岡)

東京に曝露した供試体では、wc60s18 のように他の曝露地では認められなかった外側と内側の大きな細孔量差が確認された。この供試体も、釧路、盛岡および酒田と同様に、外側の積算細孔量が内側よりも小さく、径が小さくなるにつれその差が小さくなるような異なる傾向も認められた。供試体の外側と内側の細孔量の関係には2つの傾向があったが、いずれの供試体も外側に径の小さな細孔量が多いことが分かった。

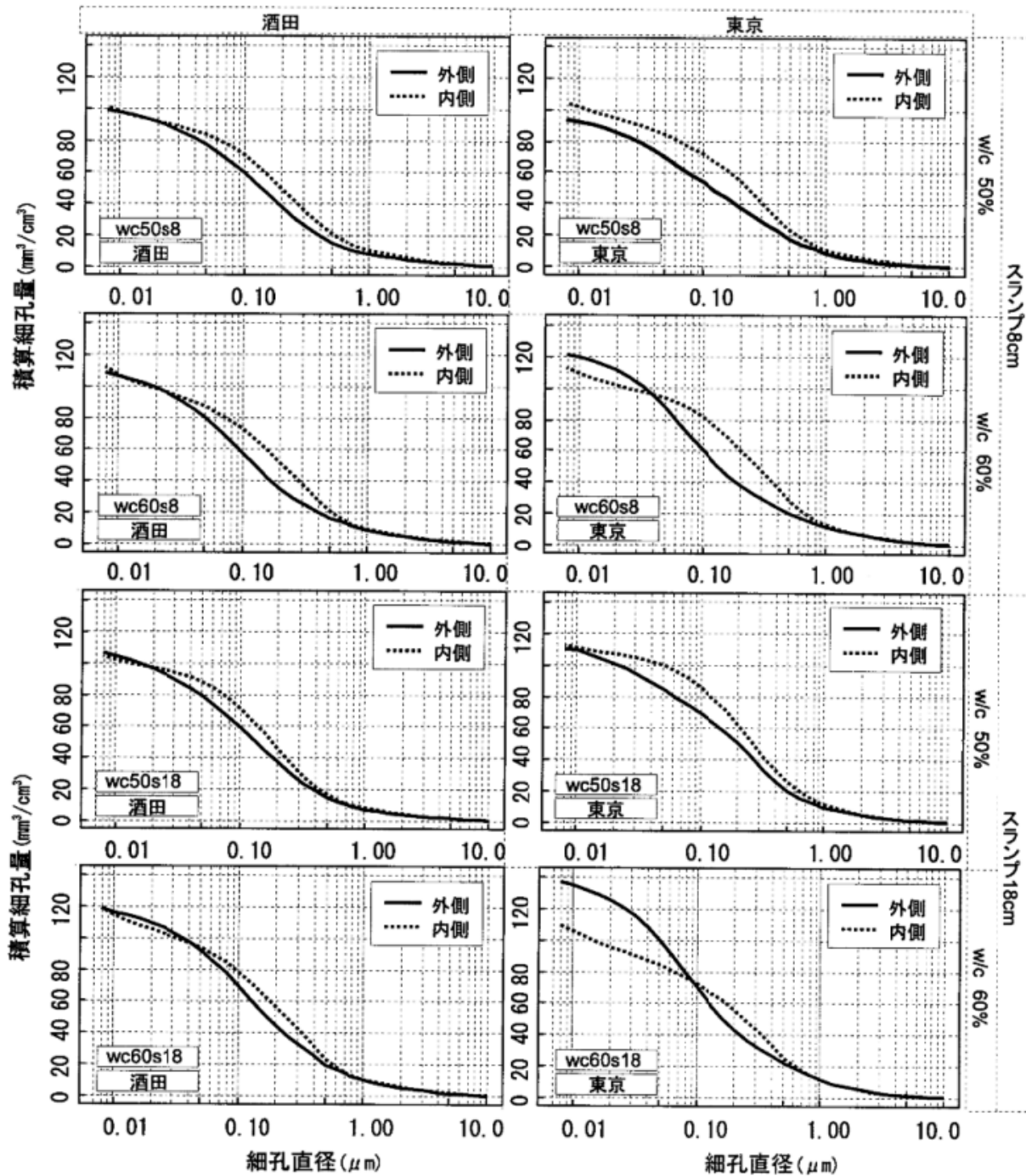


図 3.8.2.4 供試体の外側と内側による積算細孔量の比較(材齢 20 年、酒田・東京)

3.8.3 材齢 30 年の細孔量の測定結果

材齢 30 年時における積算細孔量について曝露地で比較したものを図 3.8.3.1 に示す。

材齢 20 年時よりも曝露地の差が大きくなる傾向にあり、水セメント比 50%、供試体外側をのぞいて、東京>釧路>盛岡>酒田の順に積算細孔量が多くなる傾向にあった。水セメント比 50%、供試体外側では盛岡>釧路>東京>酒田の順に多くなる傾向にあった。

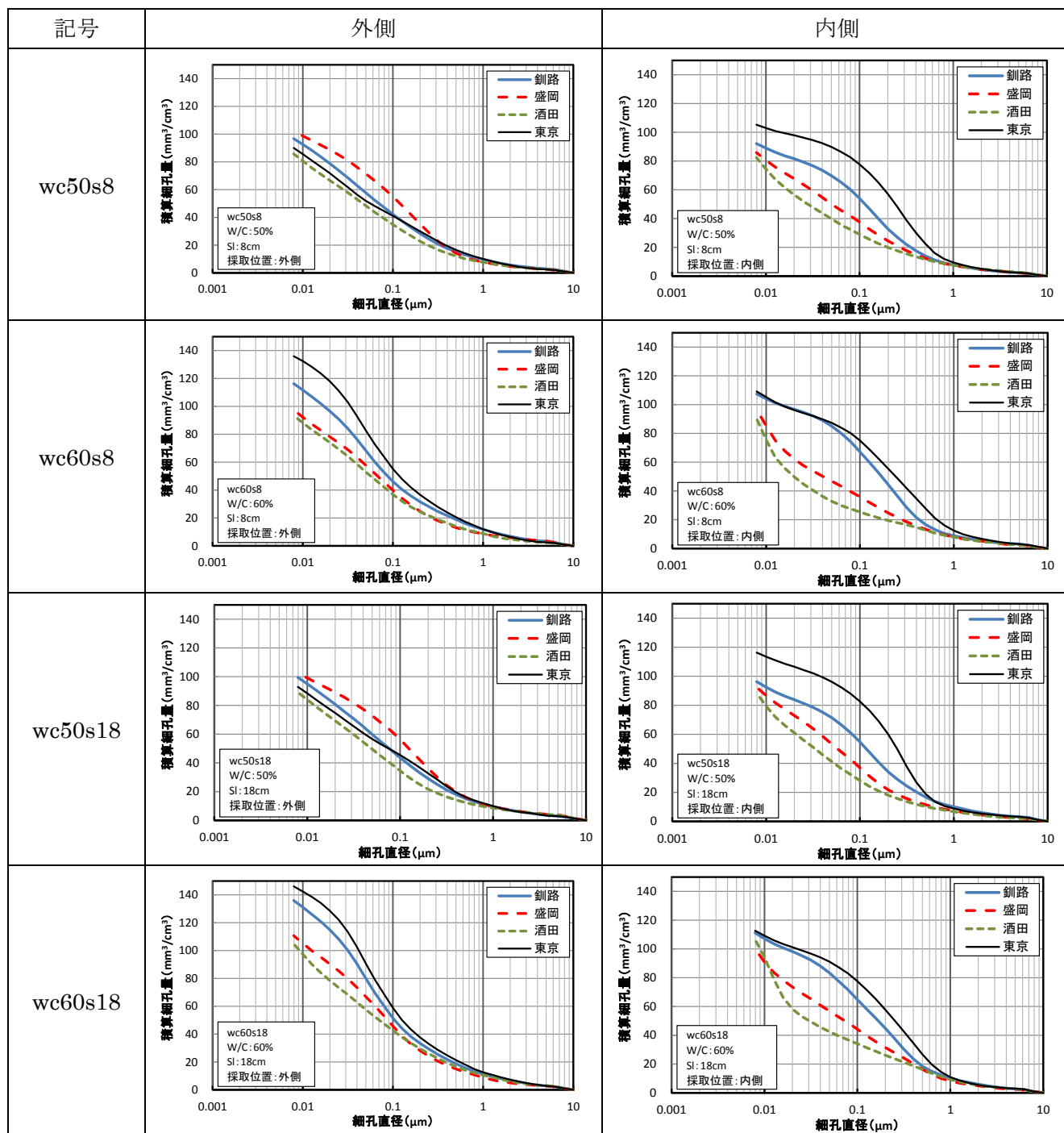


図 3.8.3.1 曝露地による積算細孔量の比較 (材齢 30 年)

材齢 30 年時における積算細孔量について配調合で比較したものを図 3.8.3.2 に示す。

水セメント比が低く、またスランプが大きいもののほど、積算細孔量は多くなる傾向にあり、釧路および東京で顕著であった。また、外側の試料については、内側よりも配調合の影響は明確であった。

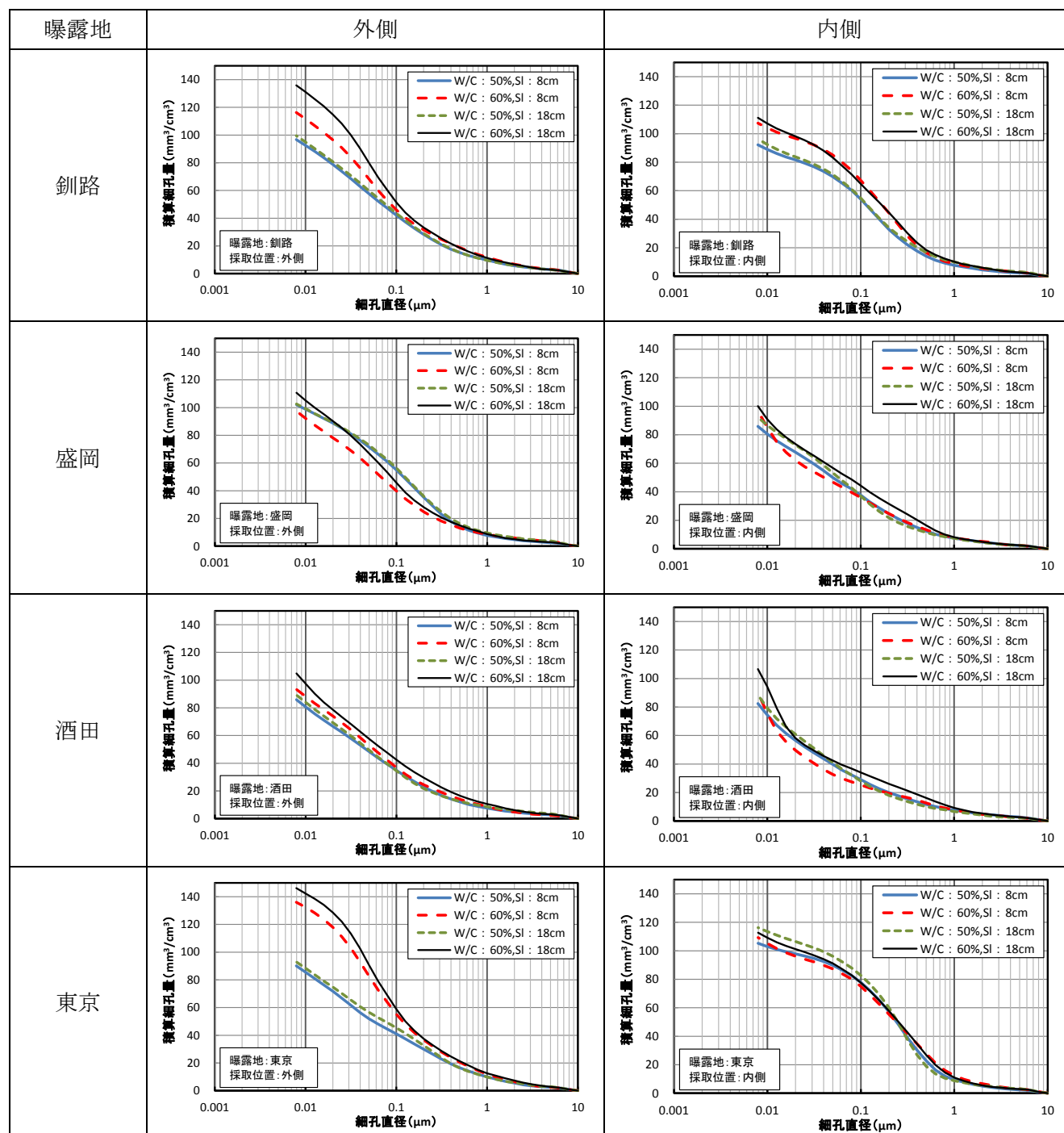


図 3.8.3.2 配調合による積算細孔量の比較(材齢 30 年)

材齢 30 年時における積算細孔量について採取位置（外側と内側）で比較したものを図 3.8.3.3 および図 3.8.3.4 に示す。

釧路において、いずれの配調合も細孔直径が大きい範囲では外側よりも内側の積算細孔量が多く、小さい範囲では内側より外側の積算細孔量が多くなった。盛岡および酒田では、いずれの配調合も同一細孔直径における細孔量は内側よりも外側が多い。

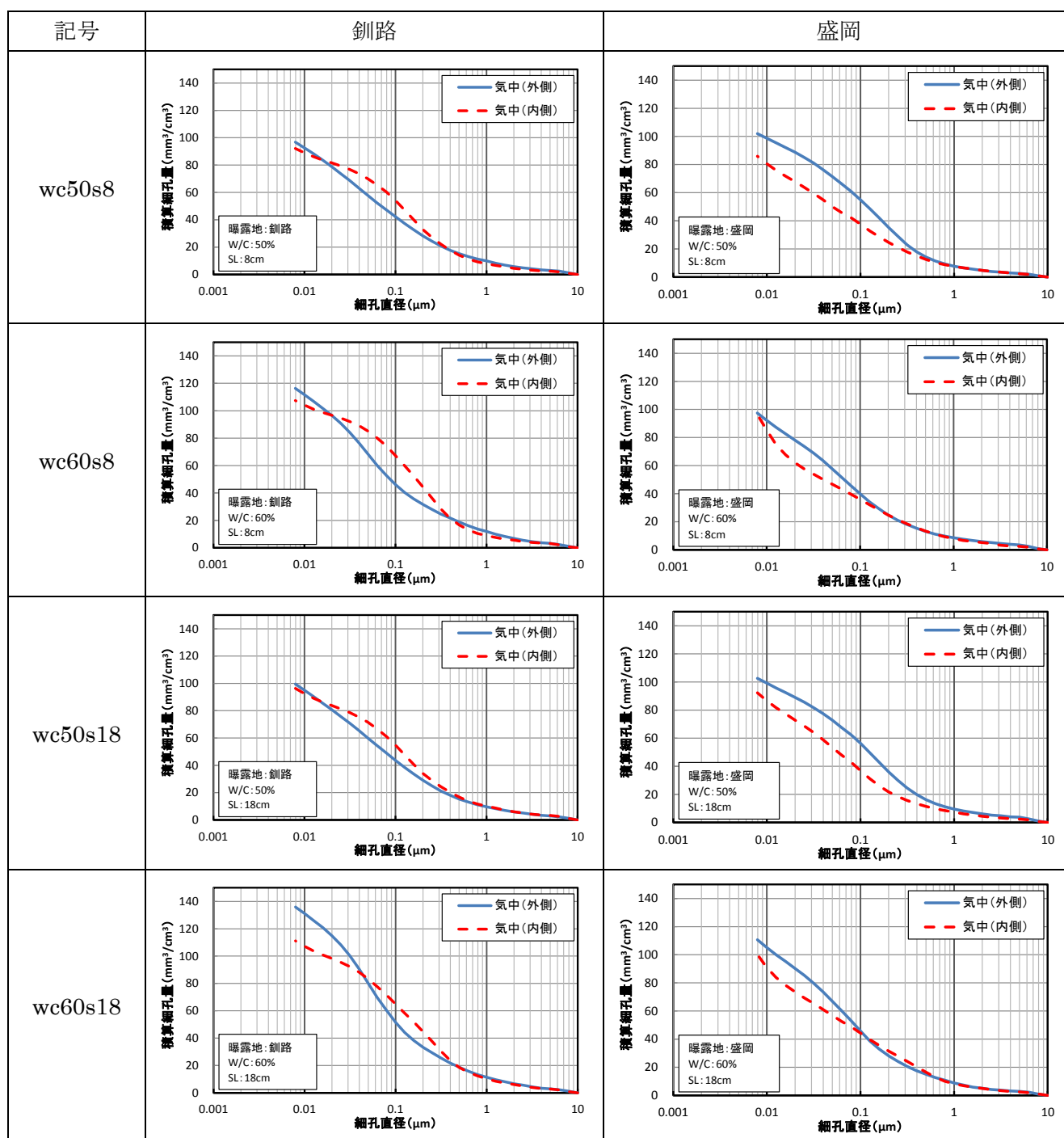


図 3.8.3.3 供試体の外側と内側による積算細孔量の比較(材齢 30 年、釧路・盛岡)

東京では、水セメント比で外側と内側の傾向が異なった。W/C50%では同一細孔直径における細孔量は外側よりも内側の方が多い。W/C60%では、細孔直径が大きい範囲では外側の方で積算細孔量が多く、小さい範囲では内側よりも外側の細孔量が多くなった。

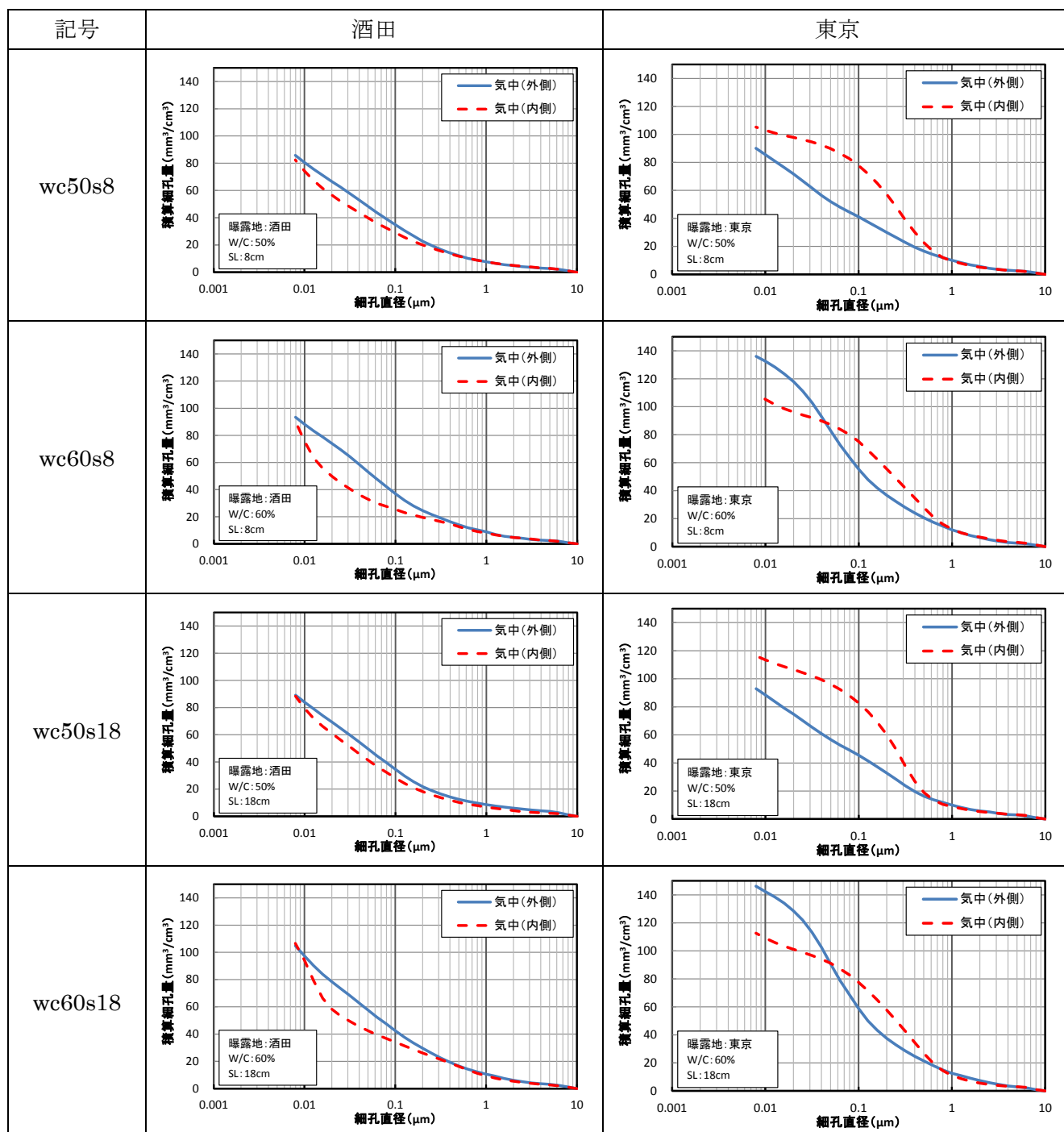


図 3.8.3.4 供試体の外側と内側による積算細孔量の比較(材齢 30 年、酒田・東京)

材齢 30 年時における積算細孔量を養生条件（気中と水槽）で比較したものを図 3.8.3.5 に示す。

いずれも同一細孔直径における積算細孔量は、気中の方が水槽よりも多い傾向にあり、その傾向は東京で明確であった。

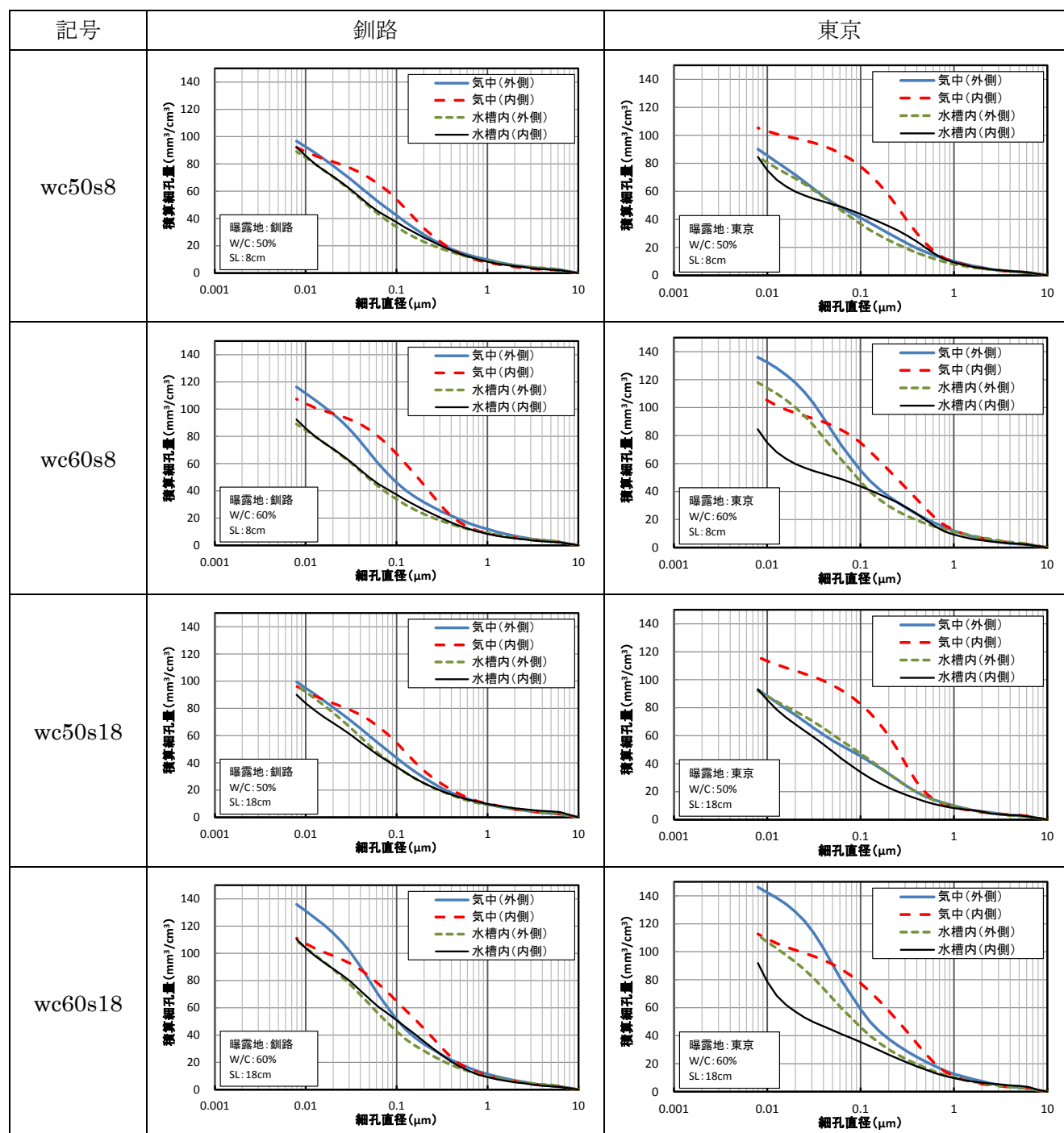


図 3.8.3.5 養生方法(気中・水槽)による積算細孔量の比較(材齢 30 年、釧路・東京)

3.8.4 材齢経過に伴う全細孔量の変化

表 3.8.4.1 および表 3.8.4.2 に全細孔量を、図 3.8.4.1 および図 3.8.4.2 に細孔径分布を示す。

釧路および東京は、水セメント比が高く、またスランプが大きいものほど、材齢の経過とともに、全細孔量が増加する傾向にあった。細孔径分布は、材齢の経過とともに細孔直径の小さい方にシフトする傾向にあった。

盛岡および酒田は、材齢 20 年からの比較ではあるが、全細孔量は材齢とともに増加する傾向は認められなかった。ただし、細孔径分布は、釧路および東京と同様に材齢の経過とともに細孔直径の小さい方にシフトする傾向にあった。

表 3.8.4.1 気中曝露における供試体外側の全細孔量 (単位:mm³/g)

配調合	全細孔量 (6.9nm~6.9 μ m)											
	釧路			盛岡			酒田			東京		
	10 年	20 年	30 年	10 年	20 年	30 年	10 年	20 年	30 年	10 年	20 年	30 年
wc50s8	—	45.0	44.9	—	48.6	48.4	—	46.0	40.0	—	42.7	41.9
wc60s8	45.4	55.6	52.9	—	52.2	44.3	—	50.3	42.2	45.4	55.0	63.2
wc50s18	43.1	45.5	45.1	—	47.9	46.8	—	50.2	40.6	48.6	45.5	45.1
wc60s18	49.8	53.4	63.0	—	54.5	50.7	—	56.5	48.3	48.7	53.4	63.0

表 3.8.4.2 気中曝露における供試体内側の全細孔量 (単位:mm³/g)

配調合	全細孔量 (6.9nm~6.9 μ m)							
	釧路		盛岡		酒田		東京	
	20 年	30 年	20 年	30 年	20 年	30 年	20 年	30 年
wc50s8	45.3	43.7	49.4	41.0	47.0	39.5	49.4	50.3
wc60s8	55.5	50.5	50.5	46.1	53.5	42.7	53.9	52.5
wc50s18	47.4	44.6	47.3	43.4	49.2	41.8	54.3	54.9
wc60s18	55.3	52.3	54.3	47.7	57.5	51.2	52.1	53.6

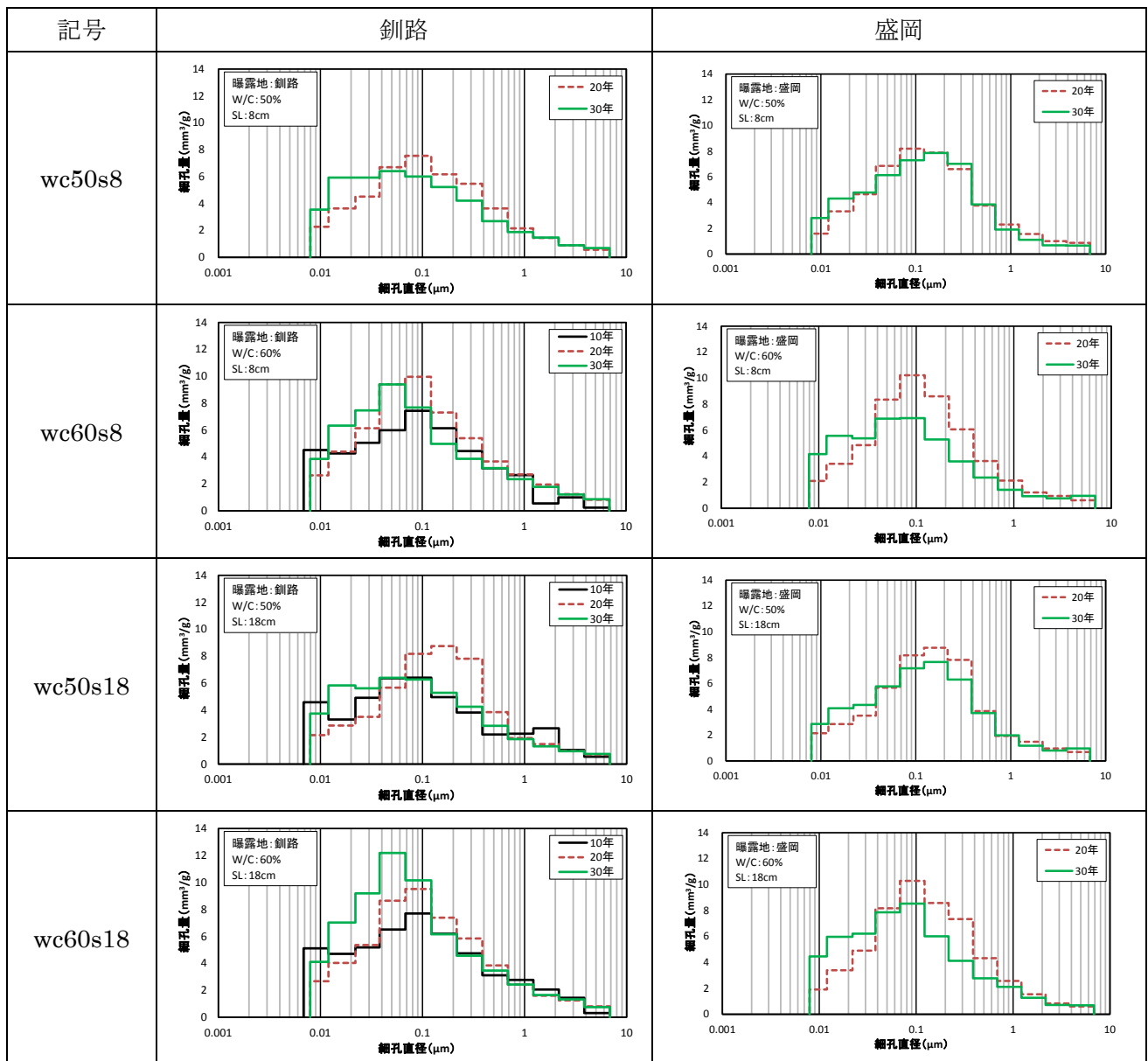


図 3.8.4.1 供試体外側の細孔径分布(釧路・盛岡)

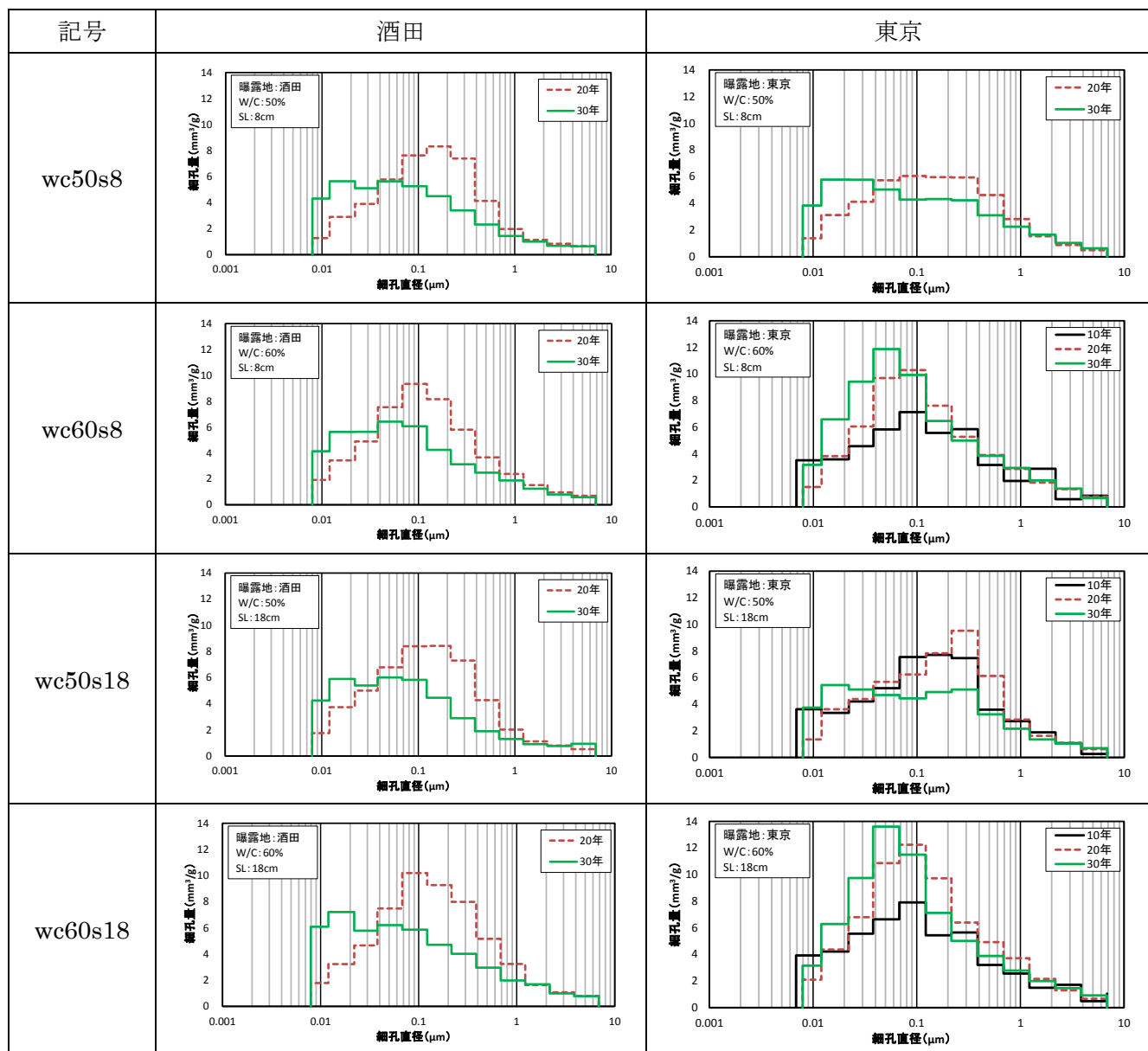


図 3.8.4.2 供試体外側の細孔径分布 (酒田・東京)

4. 結言

寒冷地に長期曝露した場合のコンクリートの耐凍害性を調査するため、セメント協会 旧耐久性専門委員会が 1984 年から 1988 年にかけて作成・刊行した耐久性を阻害する要因マップに基づき、凍害劣化度の異なる 4 地点、すなわち釧路（特に凍害を受け易い）、盛岡（凍害を受け易い）、酒田（中庸）、東京（凍害を受けない）を選定して、コンクリート供試体の長期曝露実験を行った。曝露試験に供したコンクリートは、水セメント比を 50% と 60%、目標スランプを土木配合として $8.0 \pm 1.5\text{cm}$ 、建築調合として $18.0 \pm 1.5\text{cm}$ 、全ての供試体で目標空気量を $4.5 \pm 0.5\%$ の計 4 配調合とした。主な調査項目は、供試体の外観観察と相対動弾性係数および質量の経年変化であるが、中性化深さや細孔量などの調査も実施した。曝露期間 30 年（1986 年～2016 年）までの結果をまとめると、以下のとおりである。

(1) 曝露期間 30 年までの凍害危険度

気象統計情報より、曝露期間 30 年における凍害危険度は、釧路＞盛岡＞酒田＞東京の順であり、想定したとおりの結果であった。コンクリートの凍結温度を -5°C 以下と設定した場合の凍結融解回数は、釧路で 1400 回、盛岡で 900 回、酒田で 40 回程度、凍結温度を -10°C 以下と設定した場合での凍結融解回数は、釧路で 600 回、盛岡で 60 回程度であり、これらの地点に曝露された供試体は、凍害劣化の起こり得る気象条件にさらされたことが確認された。

(2) 供試体の外観

一部の供試体で表層のペースト部分の剥離は見られたが、ひび割れ、モルタルの欠損などは生じなかった。また曝露地による差は明確には認められなかった。

(3) 相対動弾性係数の経年変化

すべての曝露地、配調合で、コンクリート供試体の相対動弾性係数の低下は認められず、供試体の表層、内部ともに健全な状態を保っているものと考えられる。

(4) 供試体質量の経年変化

いずれの供試体も、曝露直後の乾燥による急激な質量減少の後、表層ペーストの剥離に起因すると思われるわずかな質量減少が継続しているものの、極端な減少を示した供試体は見られず、外観観察の結果と対応していた。

(5) 中性化深さ

供試体側面の中性化深さは、曝露期間 30 年でも 0～6mm 程度であり、土木学会コンクリート標準示方書の予測式と比べて非常に小さい。曝露地で比較すると東京および釧路の中性化深さが大きく、気温、湿度の影響によるものと考えられる。

(6) 細孔量

全細孔量は、材齢 20 年時よりも曝露地の差が大きくなる傾向にあり、一部の水準を除いて、東京＞釧路＞盛岡＞酒田の順に全細孔量が多くなる傾向にあった。細孔径分布は、全曝露地ともに、材齢の経過とともに細孔直径の小さいほうにシフトする傾向にあった。

以上より、凍害を受け易い環境下においても、所定の空気量を連行した AE コンクリートは十分な耐凍害性を有することが 30 年間の長期曝露実験結果により確認された。

参考文献

- 1) (社) セメント協会耐久性専門委員会/委員会報告書 D-1,2,3「耐久性を阻害する要因」,1985-1988.
- 2) (社) セメント協会規格専門委員会/平成 9 年に改正になるセメント規格, セメント・コンクリート No.592,1996.
- 3) (社) セメント協会/セメント産業を取り巻く状況－環境問題、耐久性問題とセメントの品質について－.
- 4) 気象庁/気象統計情報, <http://www.jma.go.jp/>.
- 5) 原田 克己, 地頭園 博, 仁木 孟伯/画像解析装置を用いた硬化コンクリート中の気泡組織測定方法, セメント技術年報 No.39,pp.142-145,1986
- 6) 仁木 孟伯, 原田 克己, 地頭園 博/画像解析装置を用いた硬化コンクリート中の気泡組織測定方法, セメント・コンクリート No.471,pp.22-28,1986.
- 7) (社) 日本非破壊検査協会/NDIS 3424:2005「ボス供試体の作製方法及び圧縮強度試験方法」,2005.
- 8) (社) セメント協会セメント硬化体研究委員会/セメント硬化体研究委員会報告書, 2001.
- 9) 樋口 芳郎/コンクリートの動弾性係数の利用方法, 土木学会誌 vol.43,1958.
- 10) (公社) 土木学会/コンクリート標準示方書[設計編]【2012 年制定】 ,2013.3, pp.145-148
- 11) (社)土木学会/コンクリート・ライブラリー第 64 号「フライアッシュを混和したコンクリートの中酸化と鉄筋の発錆に関する長期研究」, 1988.3
- 12) 三浦 尚訳 A.M.Neville 著/ネビルのコンクリートバイブル, 技報堂出版,pp.679,2004.

付録資料 1 外気温の変化とコンクリートに与える影響について

1. はじめに

コンクリート専門委員会では、本報にあるように、これまで耐久性という観点から全国各地で曝露試験を実施し、コンクリートの耐久性向上に資するデータの蓄積と公表を図ってきた。また、これらの試験は、旧耐久性専門委員会（1984 年度～1988 年度：岸谷委員長）にて作成した耐久性マップに基づく全国の気象条件を参考に実施している。

近年、外気温の上昇など気象条件の変化が話題になることがあるが、コンクリートに与える影響の程度も異なっていることが想定される。例えば、暑中コンクリート工事に区分される日数の増加などが挙げられる。また、凍害など耐久性に対する影響もあるものと考えられる。

このような状況を鑑みて、旧耐久性専門委員会で整理された期間（1979 年～1983 年）と最近（2010 年～2014 年）の外気温を比較し、曝露環境の気象条件の変動を調査した。

2. 調査概要

気象庁ホームページから、全国各地にある気象台およびアメダスの外気温の統計データを抽出して、付表 1 に示す条件で整理した。

凍結融解の抽出条件は、旧耐久性専門委員会の報告書¹⁾に従い、暑中コンクリート工事(暑中コン)および寒中コンクリート工事(寒中コン)の抽出条件は、2012 年制定土木学会コンクリート標準示方書や日本建築学会 JASS5 鉄筋コンクリート工事 2015 を参考とした。調査期間は、旧耐久性専門委員会での調査期間である 1979 年～1983 年(以降過去)と、最近の 2010～2014 年(以降最近)とした。

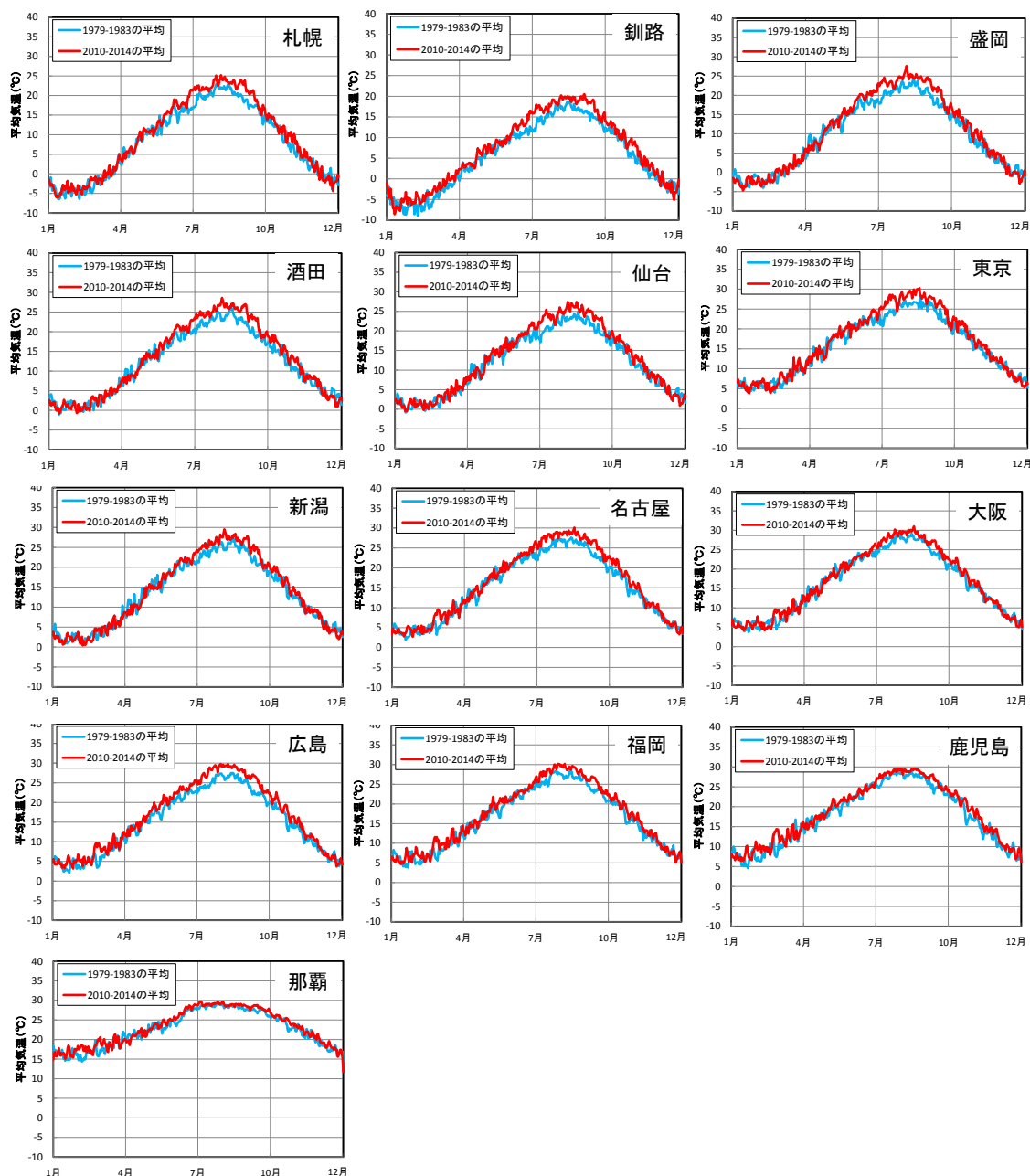
付表 1 要因と抽出条件

要因	抽出条件	調査期間
凍結融解	1 日の最高温度が 0℃を超え、最低温度が-5℃以下	・ 耐久性委での調査時期 (1979 年～1983 年) ・ 最近 (2010 年～2014 年)
暑中コン	日平均気温で 25℃以上	
寒中コン	日平均気温で 4℃以下	

3. 各都市の外気温の変化

3.1 平均気温

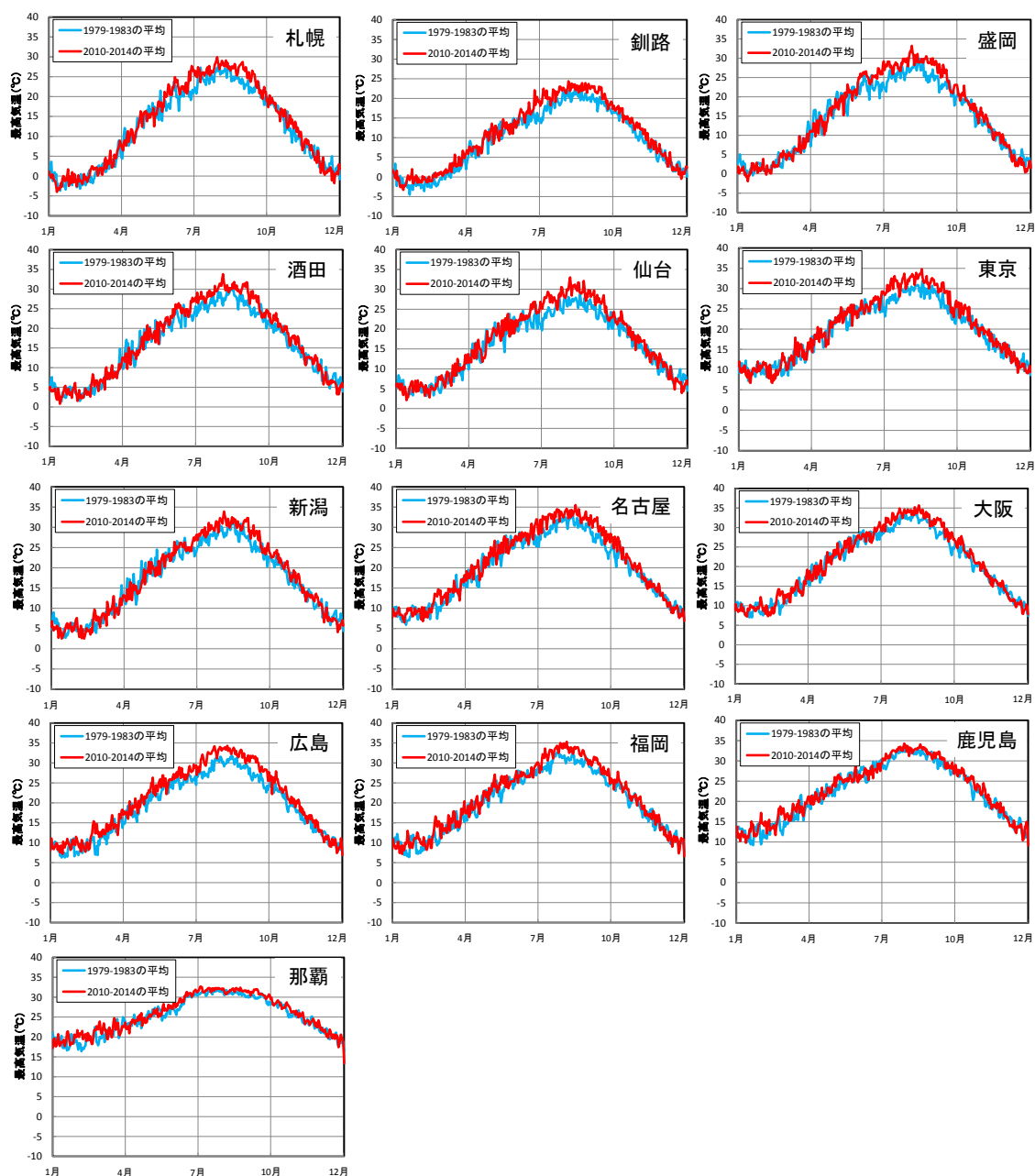
各都市の日平均気温を付図 1 に示す。これは、調査期間である 5 年の同一月日を平均したものである。平均気温は鹿児島と那覇を除き、特に 7 月～10 月において、過去よりも最近の方が上昇している傾向にあった。7 月～10 月以外については、過去と最近で大きな変化は認められなかった。



付図 1 各都市の日平均気温

3.2 最高気温

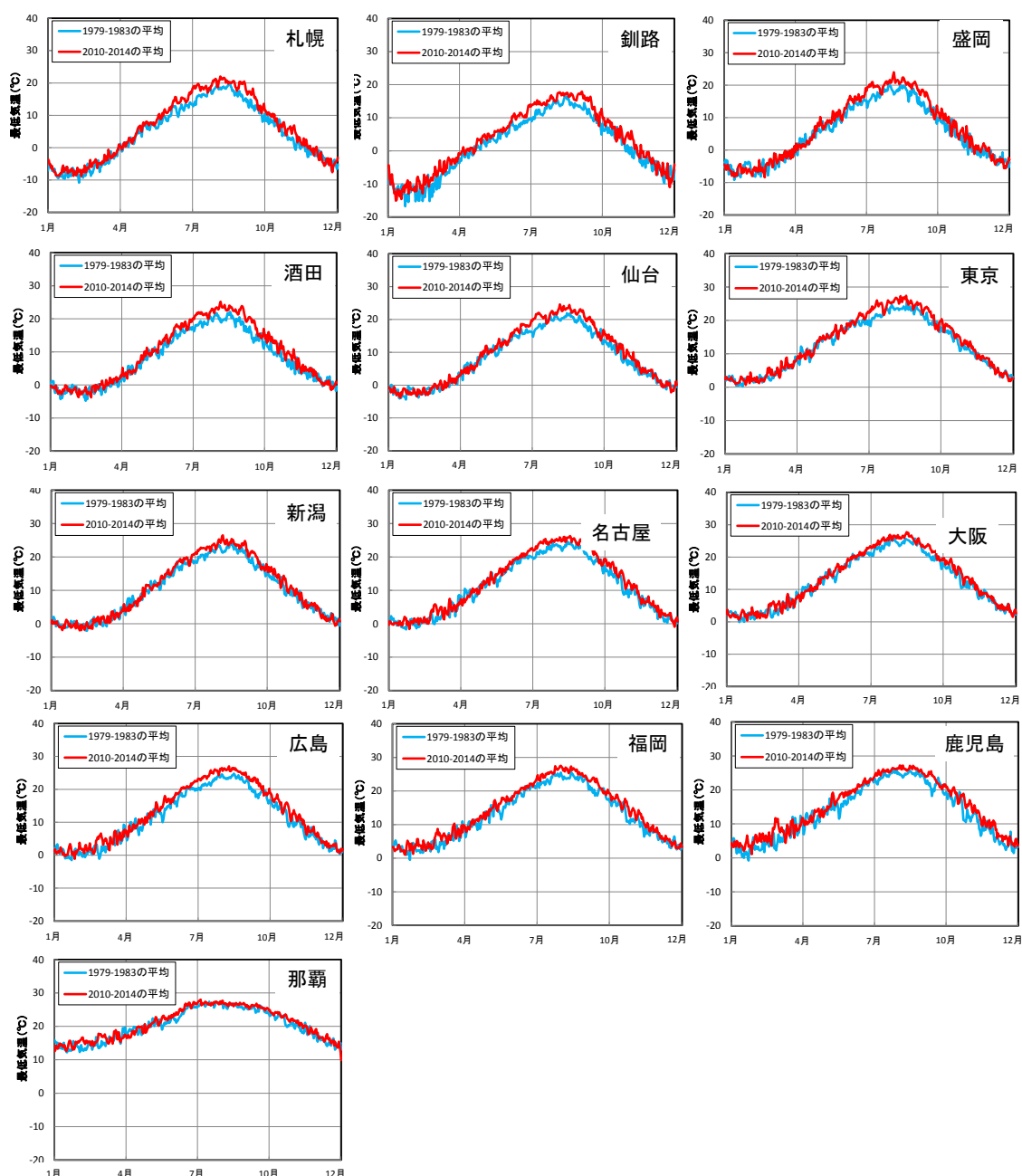
各都市の日最高気温を付図 2 に示す。これは、調査期間である 5 年の同一月日を平均したものである。最高気温は、平均気温と同様に、鹿児島と那覇を除き、特に 7 月～10 月において、過去よりも最近の方が上昇している傾向にあった。7 月～10 月以外については、過去と最近で大きな変化は認められなかった。



付図 2 各都市の日最高気温

3.3 最低気温

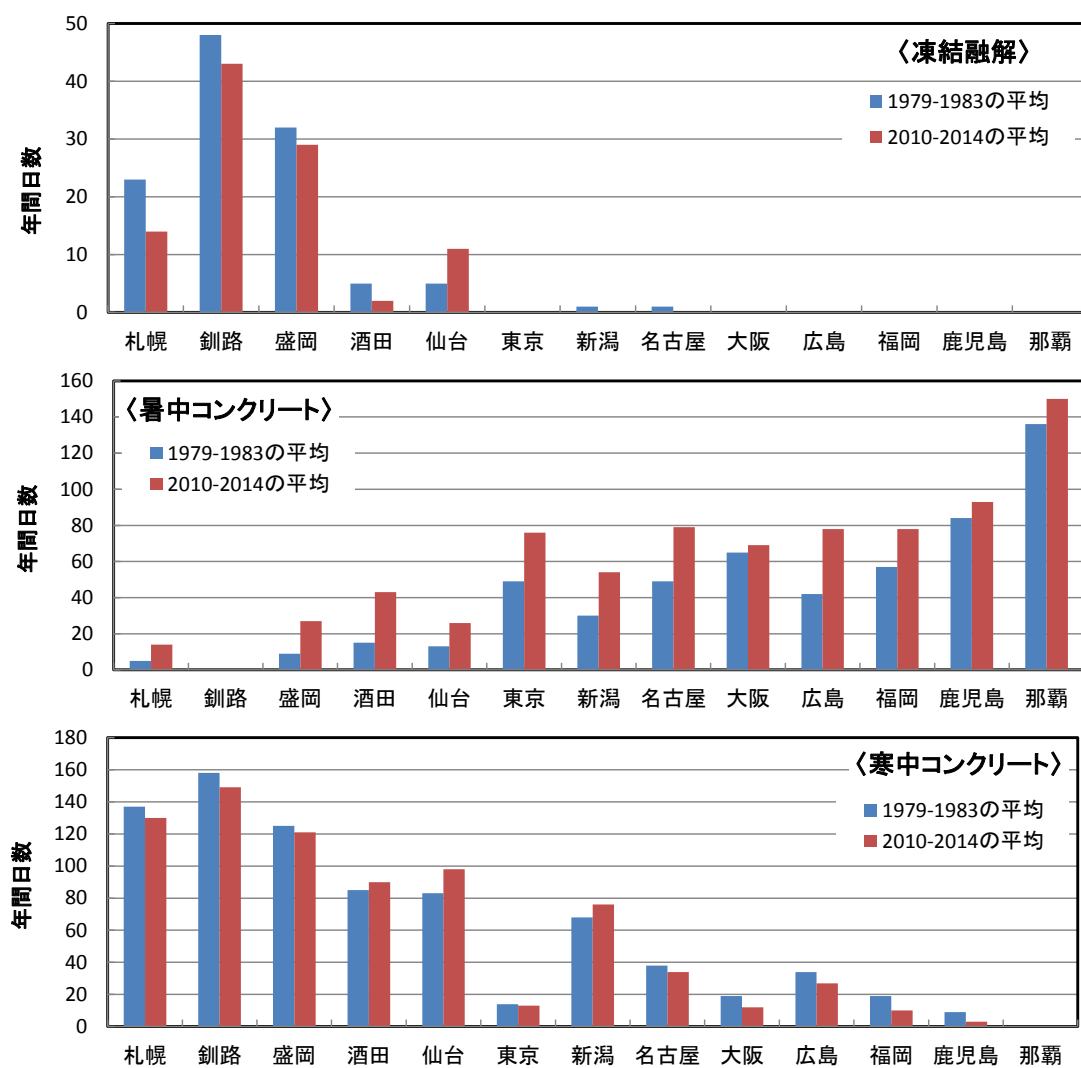
各都市の日最低気温を付図 3 に示す。これは、調査期間である 5 年の同一月日を平均したものである。最低気温は、那覇を除き、特に 7 月～10 月において、過去よりも最近の方が上昇している傾向にあった。7 月～10 月以外については、過去と最近で大きな変化はなかった。



付図 3 各都市の日最低気温

4. 凍結融解、暑中コンクリートおよび寒中コンクリートに区分される年間日数

凍結融解、暑中コンクリートおよび寒中コンクリートに区分される各都市の年間日数を付図4に示す。凍結融解に区分される年間日数は、東日本で確認され、仙台を除けば最近のほうが日数は少ない。西日本では凍結融解に区分される日数は0であった。暑中コンクリートに区分される年間日数は、いずれの都市でも過去に比べ最近の方が増加傾向にあった。寒中コンクリートに区分される年間日数は、東日本では地域により異なるが、西日本においては、いずれも過去よりも最近の方が少なかった。



付図4 凍結融解、暑中コンクリートおよび寒中コンクリートに区分される各都市の年間日数

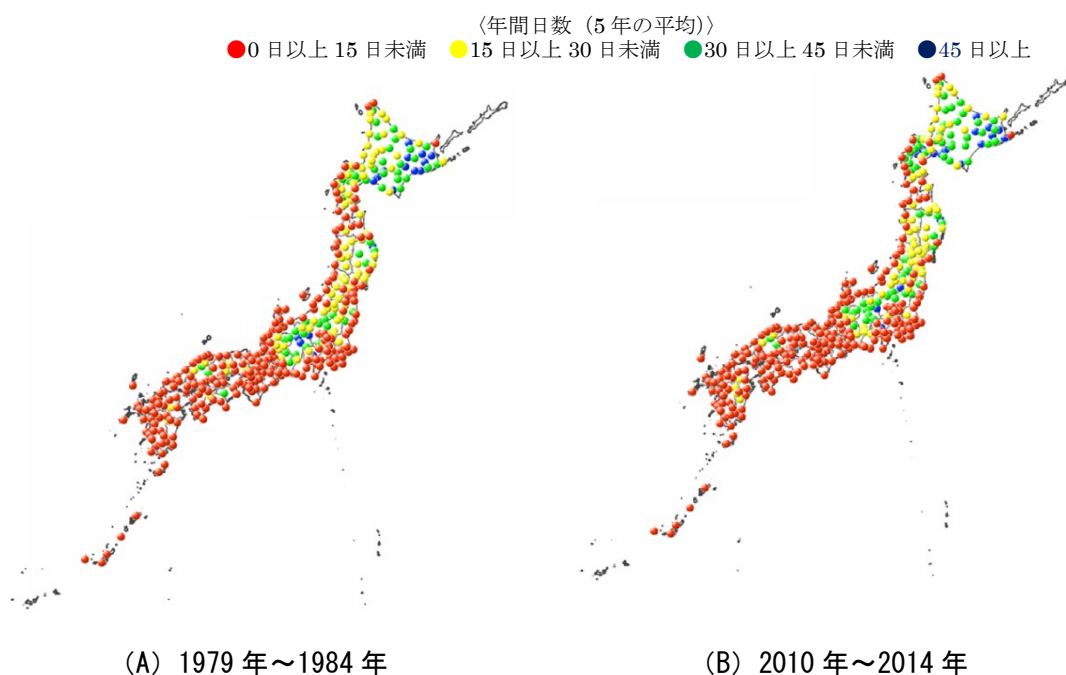
5. マップ化

凍結融解、暑中コンクリートおよび寒中コンクリートに区分される年間日数の変化を日本全国で把握するため、区分される日数のマップ化を行う。なお、データ欠損の期間が1ヶ月程度（5年間の全日数の約1%）ある地点においては、整理から除外した。

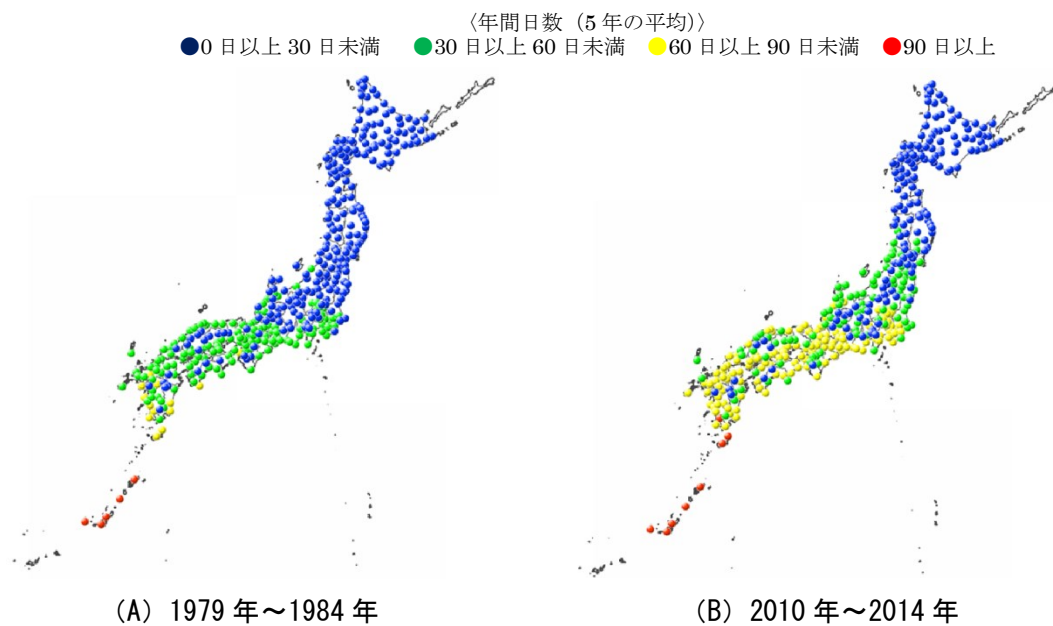
凍結融解に区分される年間日数の変化を付図5に示す。凍結融解に区分される年間日数は、過去と最近で大きな変化はなく、北海道の道南地域や東北の一部において、日数が増加に転じている地域があった。

暑中コンクリートに区分される年間日数の変化を付図6に示す。西日本から東北の一部において、過去と最近で大きな変化が認められた。このことは、外気温の上昇が暑中コンクリートにおいて大きな影響を与えていることが示唆された。

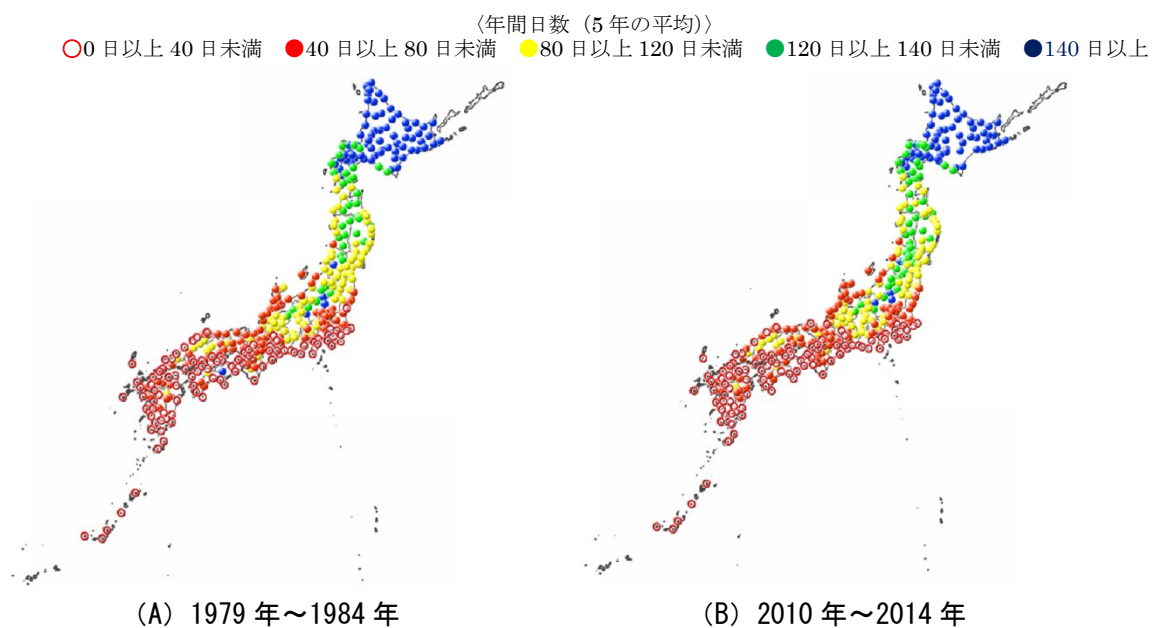
寒中コンクリートに区分される年間日数の変化を付図7に示す。寒中コンクリートに区分される年間日数は、過去と最近であまり変化していなかった。



付図5 凍結融解に区分される年間日数の変化



付図 6 暑中コンクリートに区分される年間日数の変化



付図 7 寒中コンクリートに区分される年間日数の変化

6. まとめ

凍結融解に区分される日数を過去（1979 年～1984 年）と最近（2010 年～2014 年）で比較した結果、大きな変化は認められなかった。また、これにあわせて暑中コンクリートおよび寒中コンクリートに区分される日数について調査した結果、暑中コンクリートに区分される日数は日本全国で増加傾向にあることが判明した。

以上

データ集

- 1) 気泡表面間距離
- 2) 圧縮強度および静弾性係数
- 3) 供試体の寸法
- 4) たわみ振動による一次共鳴振動数の経年変化
- 5) 縦振動による一次共鳴振動数の経年変化
- 6) 供試体質量の経年変化
- 7) 細孔量(材齢 10 年)
- 8) 細孔量(材齢 20 年)
- 9) 細孔量(材齢 30 年)
- 10) 耐久性を阻害する要因マップ

1)気泡表面間距離

気泡表面間距離の結果を示す。

気泡表面間距離とは、まず測定した面積を気泡総数で除して気泡一個が存在する面積を求め、その領域を円形と考え直径を算出する。その直径から気泡の平均径を差し引いて、気泡表面間距離⁵⁾⁶⁾とする。

暴露地	配調合	気泡の個数	平均気泡直径	気泡1個の存在円の直径	空気量	気泡表面間距離
		(個)	(μm)	(μm)	(%)	(μm)
釧路	wc50s8	1562	84	722	2.7	638
	wc60s8	3205	67	504	3.2	438
	wc50s18	1349	103	777	3.6	674
	wc60s18	1804	90	672	3.4	582
盛岡	wc50s8	1753	100	681	4.2	582
	wc60s8	1882	94	658	3.6	564
	wc50s18	1596	82	714	2.7	633
	wc60s18	2695	80	550	4	470
酒田	wc50s8	2253	80	601	3.4	522
	wc60s8	1416	92	759	2.7	666
	wc50s18	3601	70	476	4.5	405
	wc60s18	1349	97	777	3	680
東京	wc50s8	2348	71	589	2.8	518
	wc60s8	2749	65	544	2.6	479
	wc50s18	2508	83	570	4.3	487
	wc60s18	1600	88	714	2.9	625

2) 圧縮強度および静弾性係数

材 齢	曝 露 地	配調合	番 号	供試体寸法	供試体質量 (kg)	最大荷重 (kN)	補正係数	圧縮強度 (N/mm ²)	静弾性係数 (kN/mm ²)
28 日	標 準 水 中 養 生	wc50s8	1	円柱供試体 直径 100mm × 高さ 200mm	3.720	338	1.00	43.1	32.0
			2		3.731	335	1.00	42.7	31.1
			3		3.731	348	1.00	44.3	31.9
		wc60s8	1		3.714	250	1.00	31.8	28.0
			2		3.710	247	1.00	31.5	29.5
			3		3.699	256	1.00	32.6	28.9
		wc50s18	1		3.703	336	1.00	42.8	30.6
			2		3.708	322	1.00	41.0	30.1
			3		3.704	332	1.00	42.3	32.7
		wc60s18	1		3.680	243	1.00	31.0	28.1
			2		3.705	243	1.00	31.0	27.7
			3		3.664	242	1.00	30.8	27.6
20 年	釧 路	wc50s8	1	立法供試体 縦 100mm × 横 100mm × 高さ 100mm	2.267	735.5	0.88	64.7	—
			2		2.368	722.5	0.87	62.9	—
		wc60s8	1		2.331	605.5	0.87	52.7	—
			2		2.359	608.0	0.86	52.3	—
		wc50s18	1		2.365	749.0	0.87	65.2	—
			2		2.348	734.5	0.87	63.9	—
		wc60s18	1		2.331	612.5	0.87	53.3	—
			2		2.366	621.0	0.86	53.4	—
	盛 岡	wc50s8	1		2.361	704.5	0.87	63.1	—
			2		2.358	689.0	0.87	59.9	—
		wc60s8	1		2.315	639.5	0.87	55.6	—
			2		2.352	597.0	0.87	51.9	—
		wc50s18	1		2.323	736.5	0.87	64.1	—
			2		2.322	650.0	0.87	56.6	—
		wc60s18	1		2.320	664.0	0.87	57.8	—
			2		2.298	636.0	0.87	55.3	—
	酒 田	wc50s8	1		2.387	753.0	0.87	65.5	—
			2		2.360	630.0	0.87	54.8	—
		wc60s8	1		2.327	576.5	0.87	50.2	—
			2		2.365	627.0	0.87	54.5	—
		wc50s18	1		2.296	687.0	0.87	59.8	—
			2		2.316	638.0	0.87	55.5	—
		wc60s18	1		2.349	638.0	0.87	55.5	—
			2		2.334	649.5	0.87	56.5	—
	東 京	wc50s8	1		2.331	696.5	0.87	60.6	—
			2		2.200	693.5	0.89	61.7	—
		wc60s8	1		2.325	584.5	0.87	50.9	—
			2		2.383	443.0	0.86	38.1	—
		wc50s18	1		2.346	665.0	0.86	57.2	—
			2		2.232	570.0	0.88	50.2	—
		wc60s18	1		2.298	479.0	0.87	41.7	—
			2		2.295	612.5	0.87	53.3	—

材 齢	曝 露 地	配調合	記 号 供 試 体	番 号	供試体寸法	供試体質量 (kg)	最大荷重 (kN)	補正係数	圧縮強度 (N/mm ²)
30 年	釧 路	wc50s8	K-1	1	立法供試体 縦 100mm × 横 100mm × 高さ 100mm	2380.6	664	0.87	57.8
				2		2366.7	612	0.87	53.2
			K-3	1		2339.3	614	0.87	53.4
				2		2381.4	671.5	0.87	58.4
		wc60s8	K-4	1		2395.5	558	0.87	48.5
				2		2354.6	548	0.87	47.7
			K-6	1		2325.8	568	0.87	49.4
				2		2335.2	549	0.87	47.8
		wc50s18	K-7	1		2364.4	644	0.87	56.0
				2		2354.6	645	0.87	56.1
			K-9	1		2323.2	721	0.87	62.7
				2		2309.8	672	0.87	58.5
		wc60s18	K-10	1		2331.7	529.5	0.87	46.1
				2		2260.3	502	0.87	43.7
			K-12	1		2283.9	553	0.87	48.1
				2		2290.3	574	0.87	49.9
	盛 岡	wc50s8	L-1	1		2371.5	672	0.87	58.5
				2		2316.4	664.5	0.87	57.8
		wc60s8	L-4	1		2274.8	561	0.87	48.8
				2		2326.6	587	0.87	51.1
		wc50s18	L-7	1		2301.2	674	0.87	58.6
				2		2308.2	702	0.87	61.1
		wc60s18	L-10	1		2268.6	592	0.87	51.5
				2		2242.7	600.5	0.87	52.2
	酒 田	wc50s8	M-1	1		2384.2	657	0.87	57.2
				2		2345.3	706.5	0.87	61.5
		wc60s8	M-4	1		2308.4	550	0.87	47.9
				2		2323.1	608	0.87	52.9
		wc50s18	M-7	1		2300.5	683	0.87	59.4
				2		2344.0	700	0.87	60.9
		wc60s18	M-10	1		2303.2	588	0.87	51.2
				2		2257.6	562	0.87	48.9
	東 京	wc50s8	N-1	1		2374.8	649	0.87	56.5
				2		2367.7	635	0.87	55.2
			N-3	1		2310.8	569	0.87	49.5
				2		2328.8	626	0.87	54.5
		wc60s8	N-4	1		2335.1	519	0.87	45.2
				2		2339.1	548	0.87	47.7
			N-6	1		2336.1	549	0.87	47.8
				2		2369	547	0.87	47.6
		wc50s18	N-7	1		2331	680	0.87	59.2
				2		2383.5	656	0.87	57.1
			N-9	1		2295.3	667	0.87	58.0
				2		2316.2	614	0.87	53.4
		wc60s18	N-10	1		2339.6	570	0.87	49.6
				2		2368.7	577	0.87	50.2
			N-12	1		2332.3	535	0.87	46.5
				2		2315.1	561	0.87	48.8

3) 供試体の寸法

地 曝 露	配調合	供試体 記号	0 年			30 年(10 年時カット)		
			高さ(mm)	幅(mm)	長さ(mm)	高さ(mm)	幅(mm)	長さ(mm)
釧 路	wc50s8	K-1	100.3	101.0	400.0	101.2	100.3	400.5
		K-2	100.2	101.4	400.0	(100.2)	(101.4)	(301.0)
		K-3	100.8	101.0	400.0	100.9	100.7	400.5
	wc60s8	K-4	100.4	101.2	401.0	101.1	100.5	400.3
		K-5	99.8	100.8	400.0	(99.8)	(100.8)	(302.0)
		K-6	100.2	100.4	399.0	100.4	100.3	397.3
	wc50s18	K-7	100.2	101.0	401.0	100.9	100.2	400.3
		K-8	100.5	101.2	400.0	(100.5)	(101.2)	(303.5)
		K-9	100.2	101.6	400.0	101.3	100.3	399.5
	wc60s18	K-10	100.2	100.6	399.0	100.5	100.3	397.0
		K-11	100.2	101.2	400.0	(100.2)	(101.2)	(304.5)
		K-12	100.3	101.2	394.0	101.2	100.3	393.3
盛 岡	wc50s8	L-1	100.4	100.8	397.0	101.0	100.2	396.0
		L-2	100.3	101.4	399.0	(100.3)	(101.4)	(300.0)
		L-3	100.2	101.4	400.0	100.9	100.3	400.5
	wc60s8	L-4	100.5	100.7	395.0	100.4	100.4	395.0
		L-5	100.3	100.7	381.0	(100.3)	(100.7)	(302.3)
		L-6	96.5	100.8	400.0	100.7	96.5	400.5
	wc50s18	L-7	100.3	101.4	399.0	100.5	100.3	400.5
		L-8	100.2	101.1	401.0	(100.2)	(101.1)	(299.0)
		L-9	100.4	101.2	400.0	100.7	100.2	399.8
	wc60s18	L-10	100.3	100.8	398.0	100.6	100.2	396.8
		L-11	100.4	101.2	400.0	(100.4)	(101.2)	(300.0)
		L-12	100.2	100.6	400.0	100.1	100.2	399.8
酒 田	wc50s8	M-1	100.7	101.2	400.0	101.3	100.6	399.5
		M-2	100.4	101.6	400.0	(100.4)	(101.6)	(304.0)
		M-3	100.3	101.0	389.0	-	-	-
	wc60s8	M-4	100.3	101.5	391.0	101.7	100.3	393.8
		M-5	100.8	101.7	396.0	(100.8)	(101.7)	(301.5)
		M-6	100.6	101.6	400.0	101.2	100.2	399.8
	wc50s18	M-7	100.2	100.9	400.0	100.9	100.1	400.5
		M-8	100.3	101.2	400.0	(100.3)	(101.2)	(306.0)
		M-9	100.3	101.4	400.0	100.7	100.3	400.3
	wc60s18	M-10	100.3	101.5	400.0	101.4	100.5	399.8
		M-11	100.3	101.1	400.0	(100.3)	(101.1)	(304.0)
		M-12	100.2	100.5	399.0	100.4	100.4	399.5
東 京	wc50s8	N-1	100.8	101.5	400.0	101.9	100.6	399.8
		N-2	100.2	100.9	400.0	(100.2)	(100.9)	(300.0)
		N-3	100.5	100.8	400.0	100.6	100.2	399.8
	wc60s8	N-4	100.6	101.6	395.0	101.3	100.3	393.5
		N-5	100.9	100.8	400.0	(100.9)	(100.8)	(300.6)
		N-6	100.5	101.8	400.0	101.1	100.9	399.5
	wc50s18	N-7	100.4	101.3	400.0	101.6	100.5	400.0
		N-8	100.4	101.8	400.0	(100.4)	(101.8)	(304.5)
		N-9	100.3	101.2	401.0	101.3	100.2	401.0
	wc60s18	N-10	100.4	100.8	400.0	100.5	100.4	399.8
		N-11	100.6	100.6	400.0	(100.6)	(100.6)	(303.0)
		N-12	100.3	101.0	399.0	100.2	100.2	398.5

4) たわみ振動による一次共鳴振動数の経年変化

地 曝 露	配調合	供試体 記号	1986	1987	1987	1988	1988	1989	1989	1990	1990	1991	1991	1992
			9	4	10	4	10	4	10	4	10	4	10	5
			0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6
釧 路	wc50s8	K-1	2224	2248	2269	2261	2263	2269	2254	2239	2252	2262	2264	2260
		K-2	2222	2224	2237	2243	2267	2262	2257	2262	2260	2260	2227	2240
		K-3	2226	2245	2266	2271	2278	2281	2270	2267	2268	2279	2268	2257
	wc60s8	K-4	2172	2216	2239	2228	2231	2234	2222	2221	2222	2222	2238	2249
		K-5	2180	2199	2210	2204	2208	2211	2203	2207	2214	2212	2217	2204
		K-6	2182	2179	2205	2204	2220	2218	2213	2208	2221	2231	2230	2227
	wc50s18	K-7	2172	2210	2210	2228	2228	2229	2220	2218	2229	2219	2232	2246
		K-8	2173	2220	2240	2239	2249	2241	2234	2219	2227	2222	2235	2200
		K-9	2213	2213	2218	2245	2242	2234	2233	2237	2240	2240	2250	2226
	wc60s18	K-10	2158	2168	2184	2187	2173	2198	2183	2189	2196	2191	2205	2220
		K-11	2136	2145	2144	2170	2157	2179	2177	2176	2178	2177	2196	2174
		K-12	2195	2200	2231	2237	2243	2250	2249	2248	2250	2252	2257	2247
盛 岡	wc50s8	L-1	2236	2288	2300	2298	2302	2300	2297	2297	2287	2285	2310	2300
		L-2	2210	2248	2250	2257	2254	2256	2256	2251	2251	2242	2287	2246
		L-3	2216	2245	2253	2280	2262	2272	2259	2252	2251	2236	2285	2240
	wc60s8	L-4	2204	2277	2267	2286	2299	2281	2272	2271	2268	2257	2300	2295
		L-5	2382	2428	2418	2428	2425	2442	2442	2452	2458	2460	2462	2446
		L-6	2126	2146	2144	2151	2145	2173	2166	2172	2175	2174	2191	2188
	wc50s18	L-7	2180	2199	2204	2213	2204	2229	2221	2214	2208	2208	2238	2253
		L-8	2180	2222	2208	2222	2229	2234	2224	2227	2221	2213	2260	2225
		L-9	2182	2205	2212	2211	2206	2224	2218	2212	2214	2193	2207	2200
	wc60s18	L-10	2128	2176	2187	2184	2202	2202	2191	2201	2197	2204	2239	2216
		L-11	2118	2182	2147	2190	2193	2193	2188	2198	2192	2198	2223	2201
		L-12	2145	2192	2187	2192	2193	2204	2208	2217	2207	2223	2244	2221
酒 田	wc50s8	M-1	2230	2286	2302	2294	2249	2296	2291	2277	2276	2295	2307	2315
		M-2	2227	2297	2298	2295	2276	2307	2299	2285	2289	2279	2306	2311
		M-3	2313	2351	2342	2353	2341	2370	2360	2341	2346	2350	2372	2377
	wc60s8	M-4	2243	2273	2302	2297	2316	2310	2303	2306	2304	2313	2328	2312
		M-5	2210	2245	2239	2259	2257	2274	2266	2259	2255	2284	2295	2304
		M-6	2148	2181	2185	2210	2191	2214	2201	2199	2206	2225	2248	2238
	wc50s18	M-7	2194	2203	2198	2227	2182	2235	2228	2211	2219	2235	2244	2240
		M-8	2173	2191	2199	2202	2188	2225	2213	2193	2202	2202	2223	2217
		M-9	2168	2198	2195	2207	2166	2219	2206	2191	2183	2180	2225	2175
	wc60s18	M-10	2133	2162	2144	2178	2135	2179	2176	2164	2176	2190	2195	2185
		M-11	2158	2193	2206	2214	2184	2213	2202	2193	2191	2208	2215	2201
		M-12	2142	2177	2180	2192	2175	2202	2192	2175	2186	2205	2217	2188
東 京	wc50s8	N-1	2210	2147	2203	2216	2229	2228	2228	2238	2216	2229	2221	2279
		N-2	2235	2162	2237	2234	2231	2231	2244	2251	2239	2253	2260	2269
		N-3	2226	2180	2238	2239	2238	2242	2243	2254	2237	2251	2262	2268
	wc60s8	N-4	2204	2122	2220	2213	2221	2233	2236	2240	2229	2250	2252	2288
		N-5	2187	2120	2210	2198	2213	2208	2220	2224	2213	2228	2239	2247
		N-6	2196	2123	2208	2204	2217	2217	2230	2236	2231	2243	2253	2259
	wc50s18	N-7	2207	2121	2194	2182	2176	2182	2191	2196	2177	2185	2199	2246
		N-8	2169	2090	2166	2174	2162	2164	2155	2169	2145	2183	2171	2174
		N-9	2197	2126	2183	2178	2147	2170	2172	2178	2155	2171	2189	2194
	wc60s18	N-10	2133	2125	2177	2165	2166	2170	2173	2177	2158	2174	2191	2222
		N-11	2131	2117	2176	2173	2169	2173	2167	2171	2152	2173	2187	2187
		N-12	2170	2142	2200	2188	2210	2201	2203	2210	2197	2206	2218	2218

地 曝 露	配調合	供試体 記号	1993	1994	1995	1996	1996	1998	2001	2006	2016
			5	6	6	6	6	6	6	6	9
			7	8	9	10	10	12	15	20	30
釧 路	wc50s8	K-1	2287	2289	2287	2283	-	2289	2295	2289	2314
		K-2	2260	2250	2258	2258	3602	3643	3623	3650	-
		K-3	2262	2265	2270	2264	-	2267	2282	2293	2299
	wc60s8	K-4	2262	2265	2270	2253	-	2254	2267	2244	2278
		K-5	2214	2225	2226	2226	3544	3550	3543	3588	-
		K-6	2225	2236	2239	2241	-	2234	2244	2257	2263
	wc50s18	K-7	2261	2262	2262	2252	-	2253	2260	2253	2279
		K-8	2216	2212	2218	2213	3536	3547	3559	3584	-
		K-9	2227	2223	2237	2231	-	2226	2251	2246	2275
	wc60s18	K-10	2229	2237	2229	2222	-	2226	2224	2210	2255
		K-11	2181	2177	2187	2177	3451	3453	-	-	-
		K-12	2263	2264	2261	2258	-	2266	2278	2278	2276
盛 岡	wc50s8	L-1	2312	2301	2310	2318	-	2327	2300	2289	2308
		L-2	2243	2256	2264	2284	3655	3690	3673	3659	-
		L-3	2236	2248	2268	2271	-	2289	2278	2281	2258
	wc60s8	L-4	2307	2301	2304	2314	-	2320	2311	2308	2294
		L-5	2441	2429	2452	2465	3605	3625	3602	3625	-
		L-6	2178	2179	2194	2202	-	2214	2204	2207	2210
	wc50s18	L-7	2249	2241	2256	2261	-	2271	2258	2254	2263
		L-8	2213	2205	2231	2240	3649	3701	3656	3650	-
		L-9	2190	2196	2217	2230	-	2243	2236	2248	2246
	wc60s18	L-10	2227	2217	2229	2242	-	2242	2235	2231	2208
		L-11	2189	2192	2207	2215	3578	3585	3608	3612	-
		L-12	2214	2202	2221	2219	-	2219	2216	2212	2225
酒 田	wc50s8	M-1	2307	2321	2312	2315	-	2327	2330	2326	2331
		M-2	2291	2304	2302	2297	3644	3653	3687	3664	-
		M-3	2374	2403	2369	2370	-	2383	2384	2389	-
	wc60s8	M-4	2346	2367	2351	2359	-	2367	2367	2377	2394
		M-5	2281	2302	2294	2296	3635	3654	3666	3641	-
		M-6	2220	2239	2230	2234	-	2249	2242	2250	2265
	wc50s18	M-7	2248	2270	2259	2271	-	2275	2284	2281	2284
		M-8	2211	2224	2224	2221	3545	3555	3540	3516	-
		M-9	2209	2226	2222	2220	-	2225	2234	2241	2255
	wc60s18	M-10	2203	2236	2209	2226	-	2223	2235	2243	2256
		M-11	2212	2230	2219	2226	3519	3538	3573	3542	-
		M-12	2206	2226	2206	2226	-	2238	2236	2230	2254
東 京	wc50s8	N-1	2289	2249	2286	2251	-	2279	2268	2290	2280
		N-2	2274	2238	2279	2260	3643	3667	3674	3689	-
		N-3	2275	2235	2282	2245	-	2283	2264	2277	2221
	wc60s8	N-4	2293	2276	2299	2294	-	2297	2288	2299	2280
		N-5	2251	2228	2258	2240	3527	3567	3536	3547	-
		N-6	2257	2236	2262	2259	-	2266	2256	2274	2195
	wc50s18	N-7	2262	2233	2265	2253	-	2268	2257	2289	2284
		N-8	2185	2147	2204	2178	3412	3518	3493	3493	-
		N-9	2199	2155	2208	2190	-	2217	2205	2225	2146
	wc60s18	N-10	2232	2224	2238	2226	-	2233	2236	2249	2228
		N-11	2176	2159	2193	2173	3435	3503	3485	3510	-
		N-12	2218	2195	2231	2222	-	2230	2223	2241	2170

5) 縦振動による一次共鳴振動数の経年変化

地 曝 露	配調合	供試体 記号	1986	1987	1987	1988	1988	1989	1989	1990	1990	1991	1991	1992
			9	4	10	4	10	4	10	4	10	4	10	5
			0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6
釧 路	wc50s8	K-1	-	5217	5241	5249	5237	5220	5204	5216	5201	5196	5204	5220
		K-2	-	5197	5213	5211	5210	5200	5196	5180	5163	5153	5147	5127
		K-3	-	5203	5254	5222	5212	5228	5190	5185	5180	5208	5183	5184
	wc60s8	K-4	-	5180	5143	5170	5151	5154	5154	5104	5127	5102	5137	5164
		K-5	-	5169	5119	5106	5124	5146	5093	5094	5111	5118	5097	5104
		K-6	-	5160	5091	5080	5078	5106	5100	5081	5102	5089	5083	5097
	wc50s18	K-7	-	5181	5142	5191	5170	5218	5121	5147	5113	5092	5123	5166
		K-8	-	5202	5137	5170	5165	5173	5155	5149	5135	5109	5116	5101
		K-9	-	5185	5174	5184	5151	5146	5137	5149	5142	5158	5114	5124
	wc60s18	K-10	-	5140	5084	5086	5043	5046	5039	5057	5074	5048	5066	5095
		K-11	-	5130	5045	5056	5015	5098	5016	5021	5079	5038	5044	5037
		K-12	-	5152	5103	5132	5111	5135	5118	5123	5127	5111	5109	5128
盛 岡	wc50s8	L-1	-	5330	5282	5295	5251	5274	5270	5291	5246	5241	5248	5293
		L-2	-	5211	5228	5238	5199	5207	5200	5218	5203	5178	5166	5181
		L-3	-	5201	5224	5236	5183	5209	5171	5151	5173	5137	5162	5148
	wc60s8	L-4	-	5231	5172	5204	5168	5173	5141	5154	5161	5159	5150	5223
		L-5	-	5403	5368	5390	5399	5419	5375	5422	5428	5432	5407	5419
		L-6	-	5111	5139	5138	5127	5155	5144	5160	5163	5148	5137	5181
	wc50s18	L-7	-	5178	5114	5138	5096	5141	5133	5094	5097	5092	5091	5200
		L-8	-	5183	5088	5113	5098	5133	5118	5117	5102	5074	5069	5091
		L-9	-	5171	5142	5140	5133	5167	5125	5109	5111	5098	5086	5102
	wc60s18	L-10	-	5153	5026	5117	5026	5055	5027	5035	5065	5046	5034	5091
		L-11	-	5137	5063	5070	5106	5081	5058	5067	5050	5041	5037	5053
		L-12	-	5142	5080	5062	5071	5068	5090	5100	5106	5110	5066	5099
酒 田	wc50s8	M-1	-	5276	5285	5320	5239	5272	5270	5236	5235	5280	5265	5282
		M-2	-	5280	5233	5228	5190	5249	5218	5236	5198	5230	5218	5252
		M-3	-	5296	5359	5361	5333	5408	5381	5349	5357	5377	5367	5380
	wc60s8	M-4	-	5240	5221	5224	5219	5289	5258	5200	5197	5224	5230	5237
		M-5	-	5210	5208	5157	5127	5174	5161	5121	5117	5177	5164	5191
		M-6	-	5143	5085	5128	5030	5031	5045	5028	5029	5065	5044	5073
	wc50s18	M-7	-	5107	5107	5139	5035	5106	5089	5082	5073	5112	5089	5132
		M-8	-	5103	5145	5080	5043	5128	5091	5047	5020	5081	5058	5114
		M-9	-	5113	5121	5156	5058	5124	5057	5067	5002	5051	5064	5117
	wc60s18	M-10	-	4986	4975	5014	4910	5015	4981	4999	4963	5032	4982	5037
		M-11	-	5081	5097	5117	5032	5102	5072	5056	5026	5058	5020	5068
		M-12	-	5002	5037	5070	5015	5073	5037	4992	5010	5049	5024	5061
東 京	wc50s8	N-1	-	5100	5175	5149	5132	5130	5110	5130	5094	5093	5131	5260
		N-2	-	5127	5167	5149	5135	5131	5130	5168	5139	5136	5196	5209
		N-3	-	5106	5162	5107	5137	5131	5124	5132	5107	5087	5176	5186
	wc60s8	N-4	-	5036	5103	5048	5054	5061	5068	5086	5114	5095	5131	5271
		N-5	-	5029	5125	5064	5038	5083	5047	5072	5059	5070	5121	5139
		N-6	-	4971	5033	5020	5044	5065	5058	5053	5078	5067	5119	5139
	wc50s18	N-7	-	5001	5093	5012	5014	4984	4981	4998	4914	4946	5009	5159
		N-8	-	5022	5077	5072	5045	5038	5017	5012	4977	4944	5051	5025
		N-9	-	5038	5134	5047	5028	5055	4981	4996	4984	4980	5046	5044
	wc60s18	N-10	-	5011	5044	4992	4986	5032	5026	5003	4975	4965	5057	5097
		N-11	-	4965	5005	4986	5000	5002	4972	4953	4962	4959	5021	5010
		N-12	-	5013	5068	5039	5031	5016	5064	5016	5011	5012	5087	5067

地 曝 露	配調合	供試体 記号	1993	1994	1995	1996	1996	1998	2001	2006	2016
			5	6	6	6	6	6	6	6	9
			7	8	9	10	10	12	15	20	30
釧路	wc50s8	K-1	5267	5299	5251	5227	-	5213	5214	5259	5302
		K-2	5150	5129	5089	5109	6835	6864	6849	6926	-
		K-3	5163	5156	5114	5194	-	5168	5212	5261	5245
	wc60s8	K-4	5163	5156	5114	5165	-	5150	5174	5142	5219
		K-5	5120	5116	5040	5095	6703	6739	6738	6809	-
		K-6	5135	5155	5054	5109	-	5130	5176	5189	5178
	wc50s18	K-7	5196	5208	5181	5164	-	5163	5191	5179	5246
		K-8	5035	5078	5028	5071	6645	6710	6672	6790	-
		K-9	5084	5087	5030	5078	-	5102	5173	5208	5211
	wc60s18	K-10	5146	5176	5096	5093	-	5088	5097	5174	5167
		K-11	5033	5010	5025	5041	6564	6595	-	5222	-
		K-12	5149	5114	5059	5109	-	5114	5151	5094	5151
盛岡	wc50s8	L-1	5278	5265	5252	5287	-	5323	5302	5242	5237
		L-2	5152	5128	5183	5215	6926	6935	6902	6938	-
		L-3	5136	5142	5153	5184	-	5236	5208	5244	5134
	wc60s8	L-4	5213	5236	5164	5235	-	5266	5271	5258	5208
		L-5	5400	5353	5403	5341	6783	6819	6768	6891	-
		L-6	5133	5155	5132	5115	-	5236	5184	5223	5173
	wc50s18	L-7	5164	5156	5118	5097	-	5215	5179	5188	5182
		L-8	5069	4995	4996	5103	6824	6853	6842	6864	-
		L-9	5074	5053	5144	5116	-	5160	5146	5185	5152
	wc60s18	L-10	5104	5068	5070	5111	-	5140	5120	5133	5068
		L-11	5023	5015	5066	5041	6702	6770	6735	6781	-
		L-12	5088	5087	5030	5043	-	5053	5062	5099	5082
酒田	wc50s8	M-1	5270	5344	5242	5292	-	5338	5327	5343	5377
		M-2	5209	5244	5184	5220	6842	6850	6862	6896	-
		M-3	5349	5396	5324	5287	-	5405	5406	5429	-
	wc60s8	M-4	5287	5340	5239	5212	-	5349	5388	5415	5456
		M-5	5163	5175	5160	5186	6826	6834	6858	6875	-
		M-6	5070	5097	5039	5086	-	5120	5118	5122	5173
	wc50s18	M-7	5172	5211	5160	5201	-	5255	5238	5277	5254
		M-8	5075	5091	5045	5106	6669	6699	6691	6724	-
		M-9	5074	5067	5046	5094	-	5101	5135	5132	5172
	wc60s18	M-10	5034	5084	4997	5068	-	5106	5147	5170	5210
		M-11	5073	5060	5041	4958	6672	6671	6704	6736	-
		M-12	5047	5056	5007	5037	-	5101	5121	5115	5159
東京	wc50s8	N-1	5231	5189	5222	5156	-	5195	5198	5270	5319
		N-2	5225	5153	5137	5046	6792	6937	6886	6951	
		N-3	5157	5079	5056	4961	-	5163	5125	5183	4986
	wc60s8	N-4	5255	5304	5234	5209	-	5252	5233	5282	5200
		N-5	5105	5127	5124	5038	6559	6686	6675	6722	
		N-6	5094	5095	5116	5038	-	5130	5124	5174	4971
	wc50s18	N-7	5157	5133	5156	5009	-	5186	5211	5290	5271
		N-8	5040	4974	5071	4996	6527	6664	6629	6695	
		N-9	5031	4992	5037	4961	-	5106	5069	5126	4913
	wc60s18	N-10	5149	5110	5166	5063	-	5164	5186	5239	5189
		N-11	4983	4996	5011	4953	6466	6598	6590	6693	
		N-12	5064	5050	5054	5011	-	5125	5104	5118	4886

6) 供試体質量の経年変化

地 曝 露	配調合	供試体 記号	1986	1987	1987	1988	1988	1989	1989	1990	1990	1991	1991	1992
			9	4	10	4	10	4	10	4	10	4	10	5
			0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6
釧 路	wc50s8	K-1	9.563	9.474	9.465	9.462	9.434	9.442	9.430	9.442	9.431	9.421	9.424	9.456
		K-2	9.572	9.481	9.460	9.459	9.433	9.438	9.431	9.423	9.431	9.418	9.415	9.409
		K-3	9.638	9.547	9.524	9.526	9.507	9.504	9.496	9.485	9.496	9.484	9.479	9.474
	wc60s8	K-4	9.609	9.502	9.475	9.479	9.444	9.454	9.447	9.431	9.450	9.429	9.453	9.539
		K-5	9.549	9.417	9.388	9.402	9.364	9.375	9.366	9.351	9.370	9.354	9.350	9.344
		K-6	9.470	9.337	9.307	9.310	9.287	9.306	9.290	9.275	9.305	9.279	9.276	9.272
	wc50s18	K-7	9.550	9.472	9.410	9.443	9.414	9.420	9.410	9.399	9.409	9.392	9.402	9.458
		K-8	9.548	9.476	9.450	9.450	9.425	9.430	9.421	9.407	9.415	9.401	9.401	9.395
		K-9	9.603	9.498	9.477	9.477	9.451	9.456	9.449	9.439	9.446	9.433	9.433	9.426
	wc60s18	K-10	9.403	9.292	9.258	9.262	9.227	9.241	9.236	9.221	9.241	9.217	9.238	9.338
		K-11	9.501	9.383	9.349	9.357	9.319	9.335	9.327	9.313	9.330	9.313	9.315	9.310
		K-12	9.304	9.194	9.168	9.171	9.137	9.152	9.148	9.130	9.151	9.142	9.131	9.128
盛 岡	wc50s8	L-1	9.486	9.418	9.375	9.378	9.366	9.366	9.375	9.347	9.341	9.325	9.350	9.405
		L-2	9.600	9.513	9.474	9.474	9.459	9.460	9.470	9.436	9.437	9.418	9.449	9.419
		L-3	9.628	9.534	9.492	9.497	9.489	9.483	9.494	9.457	9.458	9.440	9.469	9.437
	wc60s8	L-4	9.358	9.242	9.201	9.215	9.199	9.199	9.231	9.177	9.183	9.155	9.200	9.309
		L-5	9.085	8.985	8.933	8.947	8.935	8.942	8.975	8.942	8.923	8.898	8.957	8.905
		L-6	9.223	9.095	9.059	9.063	9.064	9.063	9.098	9.050	9.052	9.030	9.077	9.044
	wc50s18	L-7	9.492	9.393	9.346	9.351	9.339	9.341	9.352	9.314	9.312	9.296	9.300	9.413
		L-8	9.520	9.433	9.385	9.391	9.385	9.380	9.388	9.354	9.352	9.333	9.372	9.338
		L-9	9.522	9.427	9.379	9.378	9.372	9.372	9.383	9.343	9.337	9.319	9.349	9.320
	wc60s18	L-10	9.348	9.232	9.180	9.197	9.179	9.186	9.217	9.168	9.169	9.143	9.201	9.307
		L-11	9.500	9.388	9.343	9.356	9.338	9.343	9.378	9.323	9.329	9.298	9.361	9.310
		L-12	9.459	9.350	9.301	9.308	9.315	9.315	9.346	9.302	9.301	9.282	9.322	9.288
酒 田	wc50s8	M-1	9.660	9.591	9.523	9.561	9.519	9.545	9.535	9.529	9.510	9.519	9.507	9.542
		M-2	9.700	9.628	9.548	9.583	9.548	9.584	9.574	9.556	9.545	9.537	9.524	9.554
		M-3	9.348	9.260	9.182	9.225	9.197	9.214	9.208	9.193	9.179	9.175	9.164	9.180
	wc60s8	M-4	9.371	9.238	9.169	9.210	9.184	9.224	9.196	9.177	9.163	9.162	9.157	9.258
		M-5	9.497	9.351	9.290	9.332	9.310	9.330	9.340	9.328	9.310	9.312	9.302	9.341
		M-6	9.613	9.475	9.404	9.442	9.405	9.460	9.427	9.444	9.409	9.425	9.398	9.415
	wc50s18	M-7	9.479	9.380	9.308	9.352	9.318	9.342	9.330	9.308	9.300	9.301	9.292	9.339
		M-8	9.482	9.371	9.304	9.334	9.298	9.330	9.306	9.291	9.277	9.284	9.268	9.286
		M-9	9.505	9.401	9.331	9.367	9.341	9.360	9.331	9.327	9.310	9.314	9.310	9.331
	wc60s18	M-10	9.510	9.373	9.295	9.335	9.292	9.368	9.336	9.323	9.321	9.320	9.307	9.382
		M-11	9.537	9.422	9.355	9.399	9.345	9.398	9.388	9.364	9.343	9.349	9.329	9.375
		M-12	9.430	9.333	9.250	9.293	9.267	9.307	9.288	9.284	9.268	9.260	9.240	9.276
東 京	wc50s8	N-1	9.606	9.496	9.461	9.456	9.436	9.436	9.424	9.437	9.436	9.430	9.430	9.506
		N-2	9.660	9.539	9.511	9.503	9.483	9.486	9.474	9.486	9.485	9.480	9.483	9.461
		N-3	9.598	9.459	9.441	9.433	9.412	9.415	9.403	9.415	9.413	9.407	9.408	9.388
	wc60s8	N-4	9.471	9.299	9.282	9.281	9.256	9.272	9.264	9.283	9.282	9.277	9.286	9.405
		N-5	9.629	9.468	9.447	9.439	9.408	9.424	9.414	9.435	9.436	9.424	9.436	9.412
		N-6	9.718	9.538	9.524	9.521	9.496	9.512	9.504	9.524	9.521	9.514	9.529	9.506
	wc50s18	N-7	9.550	9.421	9.395	9.382	9.364	9.362	9.347	9.354	9.352	9.344	9.342	9.439
		N-8	9.569	9.424	9.406	9.394	9.372	9.371	9.357	9.363	9.364	9.355	9.346	9.331
		N-9	9.533	9.405	9.376	9.360	9.347	9.344	9.325	9.332	9.333	9.325	9.320	9.300
	wc60s18	N-10	9.531	9.381	9.367	9.355	9.327	9.337	9.325	9.346	9.344	9.334	9.355	9.469
		N-11	9.440	9.295	9.288	9.265	9.236	9.242	9.227	9.250	9.251	9.243	9.268	9.234
		N-12	9.426	9.304	9.268	9.255	9.223	9.240	9.230	9.251	9.245	9.241	9.259	9.231

地 曝 露	配調合	供試体 記号	1993	1994	1995	1996	1996	1998	2001	2006	2016
			5	6	6	6	6	6	6	6	9
			7	8	9	10	10	12	15	20	30
釧路	wc50s8	K-1	9.448	9.420	9.438	9.417	-	9.411	9.405	9.393	9.438
		K-2	9.410	9.394	9.398	9.389	7.061	7.072	7.054	7.050	-
		K-3	9.469	9.452	9.458	9.447	-	9.437	9.429	9.429	9.267
	wc60s8	K-4	9.469	9.452	9.458	9.444	-	9.439	9.436	9.410	9.184
		K-5	9.342	9.329	9.333	9.321	7.018	7.019	7.014	7.000	-
		K-6	9.270	9.255	9.269	9.253	-	9.242	9.237	9.264	9.376
	wc50s18	K-7	9.434	9.397	9.420	9.401	-	9.392	9.399	9.366	9.352
		K-8	9.389	9.374	9.378	9.365	7.102	7.107	7.087	7.095	-
		K-9	9.422	9.410	9.414	9.402	-	9.393	9.385	9.374	9.166
	wc60s18	K-10	9.284	9.268	9.258	9.232	-	9.217	9.196	9.184	9.297
		K-11	9.308	9.290	9.305	9.286	7.069	7.071	-	7.068	-
		K-12	9.130	9.112	9.126	9.108	-	9.096	9.093	9.088	9.100
盛岡	wc50s8	L-1	9.342	9.332	9.338	9.314	-	9.324	9.298	9.213	9.433
		L-2	9.399	9.400	9.401	9.391	7.051	7.055	7.035	7.028	-
		L-3	9.420	9.417	9.424	9.412	-	9.412	9.389	9.312	9.404
	wc60s8	L-4	9.247	9.182	9.206	9.154	-	9.174	9.147	9.122	9.424
		L-5	8.879	8.871	8.884	8.870	7.026	7.030	7.004	7.002	-
		L-6	9.013	9.010	9.022	9.005	-	9.007	8.980	8.959	9.213
	wc50s18	L-7	9.326	9.308	9.323	9.291	-	9.309	9.273	9.257	9.414
		L-8	9.314	9.304	9.308	9.300	6.917	6.920	6.904	6.893	-
		L-9	9.297	9.289	9.297	9.284	-	9.284	9.257	9.249	9.349
	wc60s18	L-10	9.205	9.167	9.210	9.136	-	9.149	9.110	9.100	9.191
		L-11	9.277	9.276	9.290	9.269	6.962	6.967	6.950	6.932	-
		L-12	9.260	9.251	9.265	9.242	-	9.244	9.221	9.196	9.062
酒田	wc50s8	M-1	9.554	9.508	9.542	9.523	-	9.525	9.519	9.533	9.499
		M-2	9.520	9.501	9.510	9.492	7.222	7.223	7.209	7.207	-
		M-3	9.164	9.146	9.151	9.135	-	9.135	9.117	9.114	-
	wc60s8	M-4	9.294	9.198	9.316	9.271	-	9.265	9.235	9.212	9.148
		M-5	9.294	9.268	9.306	9.268	7.059	7.064	7.057	7.042	-
		M-6	9.399	9.371	9.390	9.372	-	9.380	9.342	9.336	9.310
	wc50s18	M-7	9.366	9.305	9.394	9.364	-	9.388	9.353	9.372	9.252
		M-8	9.254	9.239	9.256	9.118	7.032	7.035	7.021	7.019	-
		M-9	9.299	9.278	9.290	9.272	-	9.270	9.253	9.247	9.231
	wc60s18	M-10	9.439	9.314	9.424	9.363	-	9.402	9.382	9.402	9.306
		M-11	9.343	9.307	9.332	9.311	7.084	7.083	7.068	7.065	-
		M-12	9.255	9.217	9.254	9.224	-	9.221	9.210	9.181	9.164
東京	wc50s8	N-1	9.452	9.410	9.437	9.394	-	9.449	9.424	9.429	9.248
		N-2	9.450	9.424	9.454	9.421	7.057	7.091	7.069	7.052	-
		N-3	9.376	9.349	9.380	9.343	-	9.383	9.361	9.317	9.319
	wc60s8	N-4	9.367	9.284	9.319	9.254	-	9.327	9.286	9.244	9.087
		N-5	9.409	9.370	9.412	9.368	7.182	7.212	7.199	7.165	-
		N-6	9.502	9.462	9.503	9.461	-	9.383	9.361	9.317	8.913
	wc50s18	N-7	9.371	9.342	9.380	9.329	-	9.327	9.286	9.244	9.228
		N-8	9.319	9.294	9.323	9.292	7.076	7.101	7.083	7.054	-
		N-9	9.288	9.262	9.288	9.256	-	9.284	9.252	9.243	9.201
	wc60s18	N-10	9.429	9.350	9.373	9.314	-	9.417	9.384	9.362	9.025
		N-11	9.225	9.187	9.232	9.180	6.955	6.988	6.979	6.950	-
		N-12	9.228	9.189	9.231	9.191	-	9.226	9.209	9.161	9.159

7) 細孔量(材齢 10 年)

スランブ (cm)		8			18			
水セメント比 (%)		60			50		60	
暴露地		釧路		東京	釧路	東京	釧路	東京
番号		K-5		N-5	K-8	N-8	K-11	N-11
細孔直径範囲(μ m)		1	2	1	1	1	1	1
細孔量(mm ³ /g)	12.2 ~ 6.85	0.03	0.00	0.00	0.00	0.38	0.63	1.05
	6.85 ~ 3.85	0.23	0.46	0.84	0.55	0.26	0.31	0.48
	3.85 ~ 2.17	1.00	1.45	0.58	1.04	1.07	1.44	1.71
	2.17 ~ 1.22	0.55	1.28	2.87	2.65	1.88	2.06	1.49
	1.22 ~ 0.686	2.65	3.03	1.95	2.25	2.72	2.77	2.56
	0.686 ~ 0.386	3.16	2.96	3.15	2.20	3.59	3.11	3.20
	0.386 ~ 0.216	4.44	4.79	5.85	3.83	7.46	4.74	5.65
	0.216 ~ 0.122	6.14	6.28	5.56	4.97	7.70	6.20	5.43
	0.122 ~ 0.0680	7.44	7.68	7.13	6.41	7.54	7.70	7.90
	0.0680 ~ 0.0380	5.99	7.30	5.83	6.36	5.20	6.51	6.63
	0.0380 ~ 0.0220	5.06	5.13	4.57	4.92	4.20	5.18	5.55
	0.0220 ~ 0.0120	4.26	4.39	3.58	3.31	3.35	4.70	4.21
	0.0120 ~ 0.00600	4.52	5.30	3.51	4.59	3.62	5.11	3.92

8) 細孔量(材齢 20 年)

暴露地		釧路															
スランプ (cm)		8								18							
水セメント比 (%)		50				60				50				60			
積算細孔量(mm ³ /cm ³)	番号	K-2				K-5				K-8				K-11			
	試料採取位置	内		外		内		外		内		外		内		外	
	細孔直径範囲(μm)	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
	10.0 ~ 7.94	0.30	0.50	0.42	0.53	0.40	0.39	0.41	0.43	0.20	0.60	0.42	0.32	0.41	0.48	0.33	0.32
	~ 6.31	0.73	1.03	0.94	0.92	0.82	0.84	0.86	0.90	0.59	1.05	0.84	0.82	0.82	0.98	0.82	0.76
	~ 5.01	1.16	1.70	1.38	1.28	1.35	1.44	1.30	1.44	1.05	1.47	1.18	1.38	1.34	1.67	1.17	1.38
	~ 3.98	1.68	2.26	1.76	1.74	2.12	2.01	1.83	2.05	1.63	2.09	1.73	1.73	1.88	2.25	1.72	2.28
	~ 3.16	2.51	2.83	2.54	2.09	2.99	3.15	2.66	2.97	2.34	2.89	2.42	2.58	2.54	3.47	2.50	2.92
	~ 2.51	3.52	3.78	3.35	2.77	3.98	4.06	3.44	4.00	3.05	3.77	3.47	3.11	3.21	4.16	3.30	3.60
	~ 2.00	4.35	4.61	4.43	3.28	4.95	5.60	4.34	5.30	4.30	4.61	4.38	4.15	4.06	5.21	4.47	4.84
	~ 1.58	6.11	5.51	5.44	3.98	6.35	7.14	5.50	6.52	6.17	5.88	5.65	5.42	5.58	6.58	5.85	5.91
	~ 1.26	8.11	6.73	6.97	4.87	7.77	8.41	6.87	7.95	7.70	7.65	7.10	6.63	6.77	8.04	7.15	7.15
	~ 1.00	9.37	7.99	8.66	6.12	9.66	10.34	8.79	10.13	10.14	9.74	8.41	8.18	8.39	9.74	8.64	8.60
	~ 0.794	11.98	9.45	10.25	7.49	11.42	12.81	10.73	12.47	12.04	11.72	10.02	9.92	10.01	11.61	10.29	9.98
	~ 0.631	14.05	11.23	12.45	9.28	13.71	15.00	13.02	14.89	14.57	13.98	11.59	11.89	12.10	14.34	12.12	12.45
	~ 0.501	17.12	13.89	14.80	11.60	16.78	17.82	15.54	17.15	17.92	16.95	13.96	14.15	14.43	17.32	14.69	14.96
	~ 0.398	21.57	17.24	17.57	14.64	20.52	21.80	18.42	20.40	20.86	20.45	16.72	16.78	17.66	21.12	17.90	18.15
	~ 0.316	25.92	22.01	20.81	18.98	25.72	26.94	21.75	23.72	24.87	24.96	19.76	20.21	22.34	25.63	21.68	21.18
	~ 0.251	30.73	27.62	24.78	24.25	32.65	34.16	25.39	28.45	29.02	29.29	23.57	24.16	27.51	31.49	26.09	25.51
	~ 0.200	35.84	32.42	29.27	29.60	41.31	42.84	29.51	33.29	33.18	34.19	28.09	28.43	33.35	37.24	31.24	30.20
	~ 0.158	41.75	38.34	34.07	34.90	50.17	51.46	34.40	38.67	37.62	38.46	32.20	33.01	38.66	43.40	36.92	35.27
	~ 0.126	47.60	44.51	39.43	40.87	58.00	60.06	40.32	45.10	42.07	42.93	37.08	37.97	44.46	48.92	43.33	41.63
	~ 0.100	53.61	50.39	44.86	46.53	65.36	67.04	46.36	52.29	46.42	47.73	41.98	42.93	49.24	54.10	49.91	47.65
	~ 0.0794	59.85	56.42	51.08	53.24	72.97	74.65	53.79	60.79	52.19	53.19	47.67	48.93	54.69	59.58	57.51	55.37
	~ 0.0631	66.50	62.39	57.77	60.03	79.99	81.83	61.60	69.86	57.74	59.28	53.87	55.25	60.79	65.77	65.55	62.99
	~ 0.0501	71.93	67.95	64.14	66.92	86.26	87.91	69.89	78.92	63.24	65.12	60.37	61.65	67.21	72.33	73.90	70.86
	~ 0.0398	76.29	72.27	70.37	73.15	91.39	93.05	77.83	87.71	68.06	69.75	66.66	67.61	73.49	78.69	81.94	78.22
	~ 0.0316	79.98	75.69	75.91	79.01	95.55	97.07	84.98	95.84	71.98	73.98	72.46	73.24	79.19	84.47	89.08	84.73
	~ 0.0251	83.00	78.26	80.60	83.74	98.69	100.30	91.24	102.83	75.38	77.16	77.53	78.04	84.11	88.96	94.93	90.03
	~ 0.0200	85.26	80.55	84.83	87.99	101.31	102.83	96.33	108.37	78.19	80.02	81.73	82.31	87.89	92.99	99.68	94.62
	~ 0.0159	87.25	82.33	88.43	91.63	103.38	105.23	100.71	112.77	80.78	82.48	85.48	85.68	91.36	96.40	103.64	98.22
	~ 0.0126	89.18	84.12	91.51	94.86	105.48	107.07	104.43	116.49	83.90	85.39	88.61	88.72	94.97	99.85	107.20	101.36
	~ 0.0100	91.84	86.16	94.21	97.88	108.20	109.44	107.74	119.61	87.97	89.11	91.31	91.52	99.45	104.31	110.45	103.96
	~ 0.00794	95.82	89.42	97.04	101.01	111.65	112.54	110.95	122.54	92.47	95.75	94.26	94.66	104.91	109.90	113.63	107.08
	~ 0.00631	99.62	93.69	99.23	104.47	115.64	116.12	113.90	126.08	97.14	100.84	96.82	97.39	111.29	115.75	116.84	110.28
暴露地		盛岡															
番号		L-2				L-5				L-8				L-11			
試料採取位置		内		外		内		外		内		外		内		外	
細孔直径範囲(μm)		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
	10.0 ~ 7.94	0.28	0.31	0.31	0.40	0.28	0.37	0.34	0.42	0.23	0.23	0.18	0.31	0.33	0.23	0.34	0.28
	~ 6.31	0.65	0.64	0.75	0.69	0.82	0.79	0.66	0.69	0.65	0.63	0.56	0.65	0.84	0.61	0.65	0.70
	~ 5.01	1.09	1.07	1.40	1.37	1.15	1.24	1.13	0.99	1.08	1.17	1.01	1.11	1.20	0.99	1.11	1.19
	~ 3.98	1.59	1.53	2.10	2.01	1.73	1.72	1.64	1.28	1.54	1.51	1.55	1.44	1.66	1.40	1.62	1.57
	~ 3.16	2.17	2.07	2.94	2.86	2.12	2.31	2.55	1.72	2.06	2.26	2.23	2.09	2.04	1.84	2.10	2.25
	~ 2.51	2.87	2.75	3.82	3.37	2.65	2.85	3.51	2.18	2.54	3.18	2.73	2.57	2.46	2.47	2.65	2.80
	~ 2.00	3.66	3.47	4.77	4.13	3.34	3.57	4.62	2.78	3.16	4.16	3.37	3.37	2.99	3.05	3.49	3.47
	~ 1.58	4.63	4.27	5.96	5.00	3.89	4.41	5.56	3.54	3.92	5.01	4.41	4.15	3.65	3.88	4.25	4.38
	~ 1.26	5.61	5.43	7.20	6.22	4.71	5.47	6.30	4.34	5.14	6.10	5.57	4.91	4.35	4.81	5.43	5.75
	~ 1.00	7.05	7.22	8.79	7.67	5.95	6.76	7.75	5.55	6.34	7.49	7.12	5.83	5.44	5.87	6.69	7.36
	~ 0.794	8.84	9.15	10.38	9.21	7.76	8.28	9.16	7.03	7.62	8.90	8.21	7.64	6.73	7.46	8.07	9.54
	~ 0.631	10.80	11.27	12.20	11.36	10.05	10.06	11.18	8.73	9.45	10.65	9.78	9.35	9.16	9.48	10.17	11.66
	~ 0.501	13.32	13.96	14.35	13.94	12.42	13.13	13.57	10.76	11.94	12.77	11.70	11.64	12.22	12.70	12.47	14.80
	~ 0.398	17.34	17.57	17.12	17.29	16.73	17.00	16.31	13.43	15.14	16.06	14.01	14.44	17.23	17.63	15.37	18.16
	~ 0.316	22.83	22.54	20.69	20.74	22.58	23.55	19.99	17.08	19.37	20.07	17.55	17.93	23.25	25.49	19.38	22.73
	~ 0.251	29.63	29.49	25.33	25.17	29.78	30.53	24.19	21.65	24.85	26.39	22.50	23.40	31.50	33.37	24.20	28.77
	~ 0.200	39.02	38.57	30.57	31.92	36.79	37.72	29.11	27.20	31.64	32.50	29.11	30.04	38.79	40.95	30.17	35.01
	~ 0.158	47.52	46.52	36.45	38.42	43.40	44.26	34.95	33.10	38.93	39.47	37.55	38.44	46.55	47.79	37.18	41.98
	~ 0.126	55.83	55.12	43.18	46.27	49.01	50.10	42.28	40.53	47.16	47.50	45.11	46.97	53.07	54.56	44.26	49.40
	~ 0.100	62.84	62.36	49.50	52.86	53.53	54.94	49.57	48.77	54.87	54.50	52.17	54.82	58.69	60.35	51.24	57.08
	~ 0.0794	69.59	68.79	56.48	60.11	58.97	60.58	58.30	58.39	62.02	61.96	59.68	62.65	63.76	65.65	60.22	65.62
	~ 0.0631	75.35	73.92	63.44	66.86	64.26	66.07	66.41	67.18	68.48	68.22	66.53	69.62	69.07	70.95	68.91	73.94
	~ 0.0501	79.74	78.06	69.58	73.72	69.15	71.37	73.86	75.73	73.89	73.79	73.19	76.02	74.27	76.27	77.39	81.95
	~ 0.0398	83.17	81.69	75.58	79.81	73.82	76.43	81.53	83.59	78.23	78.03	79.22	81.63	79.02	81.36	84.88	88.94
	~ 0.0316	86.54	85.11	80.92	85.60	78.00	81.06	87.94	90.40	81.33	81.36	84.29	86.47	83.74	86.00	91.48	95.16
	~ 0.0251	89.25	87.78	85.50	90.35	81.47	84.87	92.47	95.52	84.08	83.85	88.69	90.39	87.43	89.74	96.81	100.05
	~ 0.0200	91.84	90.47	89.59	94.68	84.71	88.38	96.69	100.18	86.59	86.43	92.32	93.92	90.59	92.91	101.16	104.31
	~ 0.0159	94.13	92.63	92.94	98.21	87.56	91.49	100.22	103.83	88.80	88.65	95.36	96.79	93.50	95.89	104.59	107.76
	~ 0.0126	96.22															

暴露地		酒田															
スランブ (cm)		8								18							
水セメント比 (%)		50				60				50				60			
積算細孔量 (mm ³ /cm ³)	番号	M-2				M-5				M-8				M-11			
	試料採取位置	内		外		内		外		内		外		内		外	
	細孔直径範囲 (μm)	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
	10.0 ~ 7.94	0.43	0.43	0.52	0.35	0.38	0.53	0.26	0.27	0.24	0.18	0.23	0.21	0.33	0.50	0.31	0.34
	~ 6.31	0.96	0.77	1.32	0.61	0.89	0.87	0.62	0.79	0.58	0.62	0.52	0.62	0.77	0.96	0.72	0.75
	~ 5.01	1.77	1.33	1.82	1.00	1.41	1.43	0.99	1.36	1.10	1.02	0.80	1.17	1.42	1.49	1.09	1.34
	~ 3.98	2.36	1.84	2.40	1.50	1.88	2.02	1.35	1.91	1.47	1.62	1.14	1.66	1.99	2.36	1.75	1.93
	~ 3.16	3.28	2.55	3.19	1.97	2.42	2.80	2.11	2.68	1.84	2.11	1.68	2.06	2.70	3.11	2.41	2.74
	~ 2.51	4.33	3.31	4.04	2.42	3.10	3.44	2.55	3.55	2.29	2.69	2.41	2.56	3.43	4.10	3.04	3.79
	~ 2.00	5.33	4.17	4.88	2.99	3.88	4.58	3.32	4.38	2.96	3.26	3.29	3.17	4.10	5.53	3.64	4.92
	~ 1.58	6.63	5.21	6.02	3.54	5.06	5.63	4.16	5.66	4.55	4.01	4.01	3.73	5.05	6.84	4.54	6.04
	~ 1.26	7.88	6.47	7.10	4.11	6.35	6.63	5.13	6.98	5.63	5.40	4.78	4.49	6.34	8.03	5.49	7.30
	~ 1.00	9.41	7.74	8.50	4.98	7.50	8.28	6.50	8.68	6.95	6.86	6.39	5.31	7.92	9.55	6.72	9.24
	~ 0.794	11.28	9.50	9.90	6.18	9.38	9.99	8.02	10.11	8.34	8.37	7.78	6.18	9.70	11.37	8.64	12.05
	~ 0.631	13.70	12.01	11.65	7.66	11.70	12.40	10.23	12.13	10.01	9.77	9.70	8.11	12.38	13.93	10.86	14.93
	~ 0.501	16.96	15.27	14.11	9.71	15.53	15.69	12.94	14.65	11.83	12.34	11.72	10.22	15.82	18.11	13.71	18.71
	~ 0.398	21.56	19.93	17.11	13.06	20.75	20.56	15.71	17.57	16.19	16.01	14.93	13.37	22.63	24.00	16.83	22.45
	~ 0.316	27.28	26.88	21.05	17.32	27.88	27.02	19.47	20.83	21.12	20.84	19.59	17.51	31.14	31.44	21.29	28.66
	~ 0.251	33.93	33.76	25.89	22.85	36.59	35.42	24.12	24.61	27.67	27.61	24.49	22.36	39.36	41.09	27.71	34.10
	~ 0.200	40.81	41.91	31.64	29.54	44.60	43.11	29.01	29.77	36.18	36.44	30.08	29.14	48.22	48.74	34.28	40.66
	~ 0.158	48.59	50.38	38.07	38.05	52.53	50.77	34.92	35.13	45.36	45.27	36.25	37.67	55.76	56.87	41.36	48.27
	~ 0.126	56.39	58.32	44.96	46.31	61.14	58.18	42.07	41.97	54.41	55.43	42.52	45.89	63.13	64.43	48.83	55.73
	~ 0.100	63.10	65.26	51.48	53.21	68.10	64.78	48.82	50.26	62.26	63.58	48.51	53.88	70.68	71.62	57.26	63.64
	~ 0.0794	69.34	71.58	58.09	60.67	74.76	71.10	56.70	58.30	70.14	71.37	55.16	62.03	77.90	78.86	66.46	72.32
	~ 0.0631	74.37	76.82	64.04	66.97	80.34	76.27	64.22	66.63	76.91	78.12	61.52	69.38	83.97	85.09	75.12	80.54
	~ 0.0501	78.46	81.22	69.69	73.16	85.10	80.81	71.80	74.37	82.61	83.78	67.79	75.96	88.82	90.10	83.07	87.44
	~ 0.0398	81.59	84.79	74.62	78.91	89.27	84.45	78.41	81.64	86.87	87.98	73.89	81.84	92.88	94.18	90.12	93.50
	~ 0.0316	84.20	87.70	79.02	83.21	92.73	87.87	84.20	87.51	90.10	91.23	79.26	87.05	96.27	97.57	96.33	98.84
	~ 0.0251	86.24	89.98	82.77	87.10	95.62	90.56	89.08	92.85	92.58	93.57	84.32	91.65	99.19	100.57	101.38	103.05
	~ 0.0200	88.16	92.04	86.19	90.70	98.41	93.27	93.42	97.27	94.71	95.55	89.00	96.03	102.11	103.55	105.61	107.02
	~ 0.0159	89.77	94.03	89.09	93.86	100.88	95.57	96.89	100.89	96.21	97.20	92.77	99.66	104.89	106.20	109.25	110.01
	~ 0.0126	91.46	95.90	91.61	96.45	103.36	97.87	99.62	103.90	97.82	98.84	96.13	102.68	107.54	108.74	112.16	112.73
	~ 0.0100	93.28	97.92	93.61	98.53	106.22	100.70	102.11	106.55	99.55	100.22	99.08	105.19	110.15	111.44	114.52	114.76
	~ 0.00794	95.83	100.42	95.51	100.14	109.61	104.49	104.50	108.71	101.43	102.24	101.05	107.33	113.74	115.10	116.40	116.57
	~ 0.00631	98.22	103.72	96.81	101.53	114.77	110.11	106.36	111.54	103.60	104.63	103.27	109.30	117.93	119.85	118.76	118.83
細孔直径範囲 (μm)		東京															
番号		N-2				N-5				N-8				N-11			
試料採取位置		内		外		内		外		内		外		内		外	
細孔直径範囲 (μm)		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
	10.0 ~ 7.94	0.49	0.40	0.41	0.28	0.41	0.49	0.43	0.61	0.50	0.40	0.42	0.41	0.37	0.45	0.44	0.40
	~ 6.31	0.89	0.75	0.78	0.47	0.82	0.95	0.88	1.03	0.82	0.82	0.73	0.84	0.74	1.04	0.77	0.80
	~ 5.01	1.24	1.16	1.28	0.91	1.36	1.33	1.33	1.59	1.22	1.15	1.20	1.28	1.28	1.63	1.21	1.25
	~ 3.98	2.03	1.64	1.66	1.32	1.91	2.08	1.92	2.24	1.59	1.79	1.66	1.69	1.74	2.12	1.67	1.71
	~ 3.16	2.95	2.20	2.16	1.71	2.90	2.88	2.51	3.21	2.24	2.82	2.32	2.32	2.26	2.78	2.23	2.45
	~ 2.51	3.87	2.81	2.75	2.28	4.23	3.98	3.39	4.17	2.95	3.65	2.85	3.10	2.92	3.67	2.89	3.37
	~ 2.00	4.70	3.98	3.63	2.97	5.29	4.87	4.62	5.31	3.70	4.68	3.97	4.01	3.56	4.58	3.88	4.45
	~ 1.58	6.24	5.32	4.61	3.94	6.66	6.32	6.08	6.74	4.94	6.01	4.93	5.43	5.19	6.22	5.16	6.19
	~ 1.26	7.75	6.45	6.18	4.95	8.21	8.31	7.53	8.39	7.02	7.59	6.10	6.72	6.80	7.69	6.60	8.10
	~ 1.00	9.24	8.11	7.73	6.28	10.25	10.24	9.03	10.21	9.77	9.99	7.75	8.17	9.13	9.42	8.72	9.82
	~ 0.794	11.26	10.44	9.90	8.00	13.37	12.96	10.97	12.39	11.92	11.99	9.64	10.12	11.67	11.58	11.17	12.44
	~ 0.631	14.17	13.49	12.11	10.99	16.69	15.91	13.37	15.19	15.04	15.35	12.23	12.37	15.03	14.85	14.36	15.58
	~ 0.501	19.10	17.68	15.30	13.56	22.20	21.50	15.96	18.21	19.65	20.08	15.14	15.58	20.10	19.50	17.74	19.48
	~ 0.398	24.65	23.16	19.23	16.89	29.20	27.84	19.14	21.64	26.35	26.23	19.69	20.09	26.15	25.21	21.47	23.77
	~ 0.316	32.14	29.33	25.01	20.62	36.71	36.03	22.21	25.82	33.20	34.06	25.68	26.92	33.95	33.19	25.90	28.06
	~ 0.251	39.65	37.24	30.39	25.21	44.76	44.85	26.14	30.00	41.02	43.01	33.09	34.28	41.18	41.48	29.72	33.12
	~ 0.200	47.77	45.64	36.54	29.53	52.65	53.24	30.38	34.78	51.02	53.26	41.85	42.63	48.38	48.90	34.88	38.55
	~ 0.158	55.72	54.29	42.40	33.87	59.91	61.24	35.16	40.23	60.81	63.53	49.94	50.68	55.02	56.45	40.87	45.02
	~ 0.126	62.47	61.35	48.80	38.79	67.45	69.00	41.11	46.74	69.58	72.73	57.06	58.31	61.51	63.18	48.54	53.15
	~ 0.100	67.90	66.66	54.39	43.02	74.13	75.68	48.14	54.43	76.87	80.22	62.96	64.29	66.36	68.38	56.67	62.82
	~ 0.0794	72.72	71.96	60.43	47.63	80.31	82.32	56.60	63.49	83.79	87.14	68.44	69.88	71.14	73.35	66.43	73.10
	~ 0.0631	76.66	75.97	65.80	52.37	85.46	87.79	64.67	72.62	89.80	93.18	73.76	74.98	75.52	78.00	76.32	83.26
	~ 0.0501	80.63	79.89	71.11	57.43	89.11	91.67	73.09	82.17	94.57	97.83	78.68	79.82	79.51	82.02	85.76	93.77
	~ 0.0398	84.48	83.49	76.29	62.68	91.96	94.50	81.45	91.53	97.81	101.37	83.84	84.48	83.06	85.56	94.71	103.73
	~ 0.0316	87.72	86.80	81.00	67.58	94.24	96.86	88.98	100.11	100.54	104.05	88.69	89.18	86.22	88.77	102.82	112.83
	~ 0.0251	90.37	89.55	85.17	71.98	96.11	98.84	95.17	106.95	102.49	105.77	93.13	93.54	88.94	91.46	109.64	120.51
	~ 0.0200	92.90	92.23	88.89	75.79	97.96	100.73	100.41	112.90	103.97	107.28	97.22	97.26	91.57	94.11	114.99	126.75
	~ 0.0159	95.14	94.31	92.01	78.97	99.80	102.55	104.39	117.12	105.35	108.54	100.84	100.47	94.21	96.91	119.27	131.47
	~ 0.0126	97.33	96.43	94.85	81.79	101.84	104.66	107.71	120.61	106.53	109.73	103.91	103.25	97.20	99.94	122.70	135.29
	~ 0.0100	99.53	98.85	97.14	84.05	104.26	107.50	110.48	123.28	108.12	111.10	106.31	106.46	100.45	103.27	125.65	138.47
</																	

9) 細孔量(材齢 30 年)

曝露地		釧路							
スランプ(cm)		8							
水セメント比(%)		50				60			
	番号	K-1		K-3		K-4		K-6	
	試料採取位置	内側	外側	内側	外側	内側	外側	内側	外側
	細孔直径範囲(μ m)								
積算細孔量(mm ³ /cm ³)	~10.00000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	~7.94328	1.11	1.10	0.80	1.22	0.93	1.10	0.81	1.14
	~6.30957	2.01	2.29	1.90	2.43	2.06	2.29	2.16	2.36
	~5.01187	2.38	3.34	2.39	2.94	2.45	3.34	3.08	3.23
	~3.98107	2.77	3.74	2.58	3.37	2.85	3.74	3.45	3.67
	~3.16228	3.32	4.17	3.14	4.11	3.41	4.17	3.88	4.51
	~2.51189	3.78	4.77	3.81	4.80	4.31	4.77	4.48	5.56
	~1.99526	4.49	5.65	4.53	5.68	5.04	5.65	5.57	6.84
	~1.58489	5.38	6.61	5.62	6.85	5.96	6.61	6.33	8.31
	~1.25893	6.36	7.61	6.62	8.25	6.97	7.61	7.51	9.95
	~1.00000	7.47	9.10	7.75	9.85	8.34	9.10	8.87	11.89
	~0.79433	8.93	10.16	9.20	11.31	10.01	10.16	10.43	13.80
	~0.63096	10.96	11.62	11.21	13.06	11.91	11.62	13.11	16.09
	~0.50119	13.02	13.42	14.10	15.26	14.10	13.42	16.62	18.88
	~0.39811	15.53	15.52	17.76	17.70	16.82	15.52	21.58	21.75
	~0.31623	18.27	17.72	22.11	20.73	19.71	17.72	28.32	24.62
	~0.25119	21.13	20.15	27.20	24.39	22.90	20.15	36.39	28.12
	~0.19953	24.26	22.91	32.89	28.27	26.11	22.91	44.41	31.64
	~0.15849	27.94	26.18	40.10	32.76	29.65	26.18	52.54	35.80
	~0.12589	31.68	29.68	47.11	37.33	33.25	29.68	59.94	40.41
	~0.10000	35.93	33.88	54.09	42.22	37.27	33.88	67.25	46.09
	~0.07943	40.33	38.30	60.36	47.29	41.18	38.30	74.29	52.76
	~0.06310	44.87	43.22	65.34	52.22	45.09	43.22	79.97	60.04
	~0.05012	50.47	48.78	69.85	57.69	49.98	48.78	85.04	68.30
	~0.03981	56.85	54.68	73.66	63.03	55.52	54.68	89.10	76.48
	~0.03162	62.69	60.38	76.75	68.56	61.19	60.38	92.09	84.05
	~0.02512	67.49	65.72	79.33	73.74	66.25	65.72	94.63	90.83
	~0.01995	71.84	70.65	81.63	78.76	70.87	70.65	96.74	96.54
	~0.01585	76.01	75.38	83.63	83.65	75.23	75.38	98.76	101.81
	~0.01259	80.12	80.03	86.12	88.33	80.09	80.03	101.11	106.87
	~0.01000	84.87	84.62	88.92	92.53	86.02	84.62	104.10	111.65
	~0.00794	89.90	89.11	92.14	96.77	92.33	89.11	107.41	116.28

曝露地		釧路							
スランプ(cm)		18							
水セメント比(%)		50				60			
積算細孔量(mm ³ /cm ³)	番号	K-7		K-9		K-10		K-12	
	試料採取位置	内側	外側	内側	外側	内側	外側	内側	外側
	細孔直径範囲(μm)								
	～10.00000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	～7.94328	1.88	1.02	1.11	1.17	1.01	0.84	0.89	1.15
	～6.30957	3.84	2.68	2.60	2.20	1.88	2.45	2.16	2.24
	～5.01187	4.35	3.31	3.21	2.93	2.38	3.44	2.76	2.88
	～3.98107	4.75	3.83	3.56	3.35	2.79	3.78	3.13	3.32
	～3.16228	5.31	4.69	4.20	4.15	3.60	4.45	3.95	4.32
	～2.51189	6.00	5.51	5.01	5.05	4.60	5.28	4.96	5.60
	～1.99526	6.68	6.41	5.96	5.81	5.32	6.19	6.01	6.66
	～1.58489	7.65	7.18	7.08	6.95	6.40	7.18	7.22	8.10
	～1.25893	8.66	8.19	8.67	8.19	7.58	8.62	8.41	9.52
	～1.00000	9.80	9.11	10.08	9.59	9.15	9.83	10.28	11.40
	～0.79433	11.23	10.37	11.59	11.12	10.85	11.35	12.36	13.32
	～0.63096	12.70	11.90	13.81	13.05	13.48	13.28	14.99	15.81
	～0.50119	14.51	13.97	16.75	15.29	16.71	15.45	18.47	18.72
	～0.39811	16.69	16.32	20.36	18.09	20.56	18.10	23.70	21.81
	～0.31623	19.13	18.94	24.35	21.19	25.10	21.14	30.37	25.38
	～0.25119	21.93	21.95	28.96	25.05	30.18	24.65	37.77	29.31
	～0.19953	25.05	24.98	34.07	29.03	35.27	28.29	44.78	33.34
	～0.15849	28.73	28.71	40.72	33.68	40.80	32.41	51.84	38.30
	～0.12589	32.75	32.60	47.66	38.44	45.76	36.97	58.17	44.02
	～0.10000	37.05	37.13	54.77	43.57	50.87	42.67	64.82	51.53
	～0.07943	41.33	41.81	61.14	49.05	55.91	49.01	71.57	60.31
	～0.06310	45.49	46.86	66.54	54.37	60.73	55.56	77.54	69.51
	～0.05012	50.35	52.76	71.44	59.79	66.53	62.74	83.35	80.05
	～0.03981	55.28	59.19	75.34	65.45	72.72	69.67	88.22	90.56
	～0.03162	60.37	65.31	78.56	70.75	78.92	76.37	92.20	100.11
	～0.02512	64.97	71.29	81.32	75.79	84.16	82.57	95.39	108.24
	～0.01995	69.29	76.84	83.81	80.73	88.66	88.28	98.21	114.83
	～0.01585	73.62	82.14	86.24	85.53	93.22	93.68	100.80	120.82
	～0.01259	78.42	87.14	89.08	90.33	98.10	98.85	103.66	126.00
	～0.01000	83.77	92.19	92.46	94.97	103.81	104.19	107.16	131.14
	～0.00794	89.96	97.15	96.33	99.49	110.20	109.21	111.16	135.91

曝露地		盛岡							
スランプ(cm)		8				18			
水セメント比(%)		50		60		50		60	
積算細孔量(mm ³ /cm ³)	番号	L-1		L-4		L-7		L-10	
	試料採取位置	内側	外側	内側	外側	内側	外側	内側	外側
	細孔直径範囲(μm)								
	～10.00000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	～7.94328	0.878	0.831	0.673	0.865	0.683	1.050	1.008	0.835
	～6.30957	1.882	2.025	1.839	2.440	1.787	2.516	1.890	2.181
	～5.01187	2.277	2.525	2.443	3.490	2.376	3.788	2.470	2.766
	～3.98107	2.852	2.922	2.649	3.904	2.671	3.995	2.786	3.133
	～3.16228	3.403	3.474	3.282	4.478	3.171	4.755	3.332	3.678
	～2.51189	4.066	3.939	4.485	5.176	3.720	5.237	4.000	4.160
	～1.99526	4.716	4.662	5.191	5.875	4.449	6.146	4.873	5.069
	～1.58489	5.668	5.556	5.892	6.654	5.354	7.123	5.818	5.843
	～1.25893	6.464	6.545	6.679	7.475	6.162	8.156	6.804	7.256
	～1.00000	7.521	7.691	7.971	8.590	7.425	9.554	8.182	8.749
	～0.79433	8.739	9.326	9.395	9.838	8.453	11.245	10.057	10.784
	～0.63096	10.282	11.347	11.120	11.159	9.731	13.334	12.808	12.630
	～0.50119	12.479	14.221	13.320	13.075	11.456	16.247	16.434	15.027
	～0.39811	15.001	17.942	15.784	15.435	13.415	19.911	20.310	17.516
	～0.31623	17.807	22.808	18.451	18.004	15.688	24.507	24.213	20.528
	～0.25119	21.110	28.980	21.554	21.111	18.465	30.027	27.926	24.113
	～0.19953	24.564	35.194	24.692	24.749	21.782	36.028	31.507	28.072
	～0.15849	28.657	42.085	28.418	29.384	26.187	42.926	35.568	32.930
	～0.12589	32.771	48.545	32.056	34.133	31.157	49.550	39.632	38.638
	～0.10000	37.584	54.943	35.965	39.906	36.935	56.394	44.242	45.758
	～0.07943	42.114	60.924	39.605	45.749	42.883	62.416	48.768	53.145
	～0.06310	45.769	66.204	43.270	51.754	47.901	67.509	52.583	60.125
	～0.05012	50.096	71.466	46.828	57.793	53.355	72.857	56.801	66.904
	～0.03981	54.887	76.292	50.224	63.648	58.840	77.448	61.007	73.565
	～0.03162	59.434	81.003	53.933	68.926	63.963	81.691	65.288	79.699
	～0.02512	63.719	84.995	57.648	73.751	68.651	85.633	69.267	85.309
	～0.01995	67.775	88.727	62.102	78.161	72.860	89.056	73.596	90.223
	～0.01585	71.703	92.076	67.647	82.684	77.213	92.414	78.216	95.203
	～0.01259	75.818	95.467	74.899	87.317	81.668	95.667	83.723	99.916
	～0.01000	80.569	98.682	85.319	92.194	86.664	99.154	90.867	105.092
	～0.00794	85.913	102.006	96.452	97.415	92.315	102.608	100.115	110.673

曝露地		酒田							
スランブ(cm)		8				18			
水セメント比(%)		50		60		50		60	
積算細孔量(mm ³ /cm ³)	番号	M-1		M-4		M-7		M-10	
	試料採取位置	内側	外側	内側	外側	内側	外側	内側	外側
	細孔直径範囲(μm)								
	～10.00000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	～7.94328	0.997	1.029	0.805	0.818	0.914	1.050	1.028	1.146
	～6.30957	2.074	2.137	1.900	1.989	1.901	2.567	2.001	2.378
	～5.01187	2.788	2.659	2.419	2.394	2.213	3.575	2.718	3.119
	～3.98107	3.160	3.044	2.815	2.792	2.597	4.001	3.122	3.516
	～3.16228	3.784	3.528	3.559	3.242	2.935	4.542	3.839	4.159
	～2.51189	4.363	4.077	4.225	4.076	3.400	5.243	4.501	4.990
	～1.99526	4.872	4.809	4.745	4.832	4.124	5.990	5.368	6.100
	～1.58489	5.759	5.520	5.647	5.566	5.019	6.706	6.302	7.468
	～1.25893	6.544	6.515	6.635	6.993	5.825	7.525	7.661	9.094
	～1.00000	7.600	7.615	7.934	8.846	6.689	8.607	9.291	10.541
	～0.79433	8.810	8.831	9.164	10.316	7.869	9.668	11.317	12.225
	～0.63096	10.189	10.165	10.670	11.885	8.848	10.925	13.653	14.187
	～0.50119	11.712	12.131	12.666	13.987	10.184	12.469	16.237	16.555
	～0.39811	13.558	14.230	14.760	16.365	11.855	14.260	18.815	19.362
	～0.31623	15.562	16.658	16.434	18.950	13.674	16.363	21.323	22.490
	～0.25119	17.740	19.628	17.933	21.660	15.751	18.867	23.737	25.950
	～0.19953	19.999	22.735	19.458	24.410	18.045	21.695	26.101	29.535
	～0.15849	22.724	26.777	21.289	27.947	20.962	25.483	28.836	33.578
	～0.12589	25.657	30.558	23.123	32.014	24.184	29.640	31.424	37.700
	～0.10000	29.056	34.875	25.359	36.883	28.116	34.557	34.143	42.476
	～0.07943	32.474	39.212	27.586	42.207	32.323	39.545	36.868	47.522
	～0.06310	35.795	43.595	29.825	47.514	36.410	44.328	39.460	52.363
	～0.05012	39.863	48.408	32.810	52.950	41.177	49.479	42.492	57.586
	～0.03981	43.835	53.114	36.258	58.639	46.025	54.687	45.681	62.965
	～0.03162	47.870	57.766	40.487	64.171	51.109	59.731	49.368	68.258
	～0.02512	52.000	62.346	44.751	69.239	55.953	64.540	53.251	73.358
	～0.01995	56.567	66.573	49.752	73.979	60.967	69.288	58.301	78.500
	～0.01585	61.498	71.059	55.583	78.687	66.053	73.983	66.272	83.928
	～0.01259	67.289	75.630	63.112	83.190	71.786	78.912	79.165	90.178
	～0.01000	74.412	80.647	75.547	88.164	79.381	83.990	94.243	97.413
	～0.00794	82.386	85.849	90.162	93.310	88.383	89.190	106.583	104.799

曝露地		東京							
スランプ(cm)		8							
水セメント比(%)		50				60			
	番号	N-1		N-3		N-4		N-6	
	試料採取位置	内側	外側	内側	外側	内側	外側	内側	外側
	細孔直径範囲(μ m)								
積算細孔量(mm ³ /cm ³)	～10.00000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	～7.94328	0.805	0.825	0.801	1.030	0.813	0.848	1.180	0.933
	～6.30957	2.023	1.941	2.015	1.932	2.044	2.518	2.358	1.946
	～5.01187	2.401	2.473	2.386	2.468	2.634	3.232	3.055	2.486
	～3.98107	2.844	2.859	2.783	2.858	3.033	3.814	3.472	2.880
	～3.16228	3.550	3.421	3.404	3.483	3.585	4.778	4.346	3.802
	～2.51189	4.217	4.108	4.206	4.297	4.259	5.973	5.473	4.966
	～1.99526	4.788	4.790	5.070	5.560	5.144	7.053	6.682	6.453
	～1.58489	5.429	5.560	6.218	6.787	6.100	8.317	8.069	7.893
	～1.25893	6.224	6.743	7.778	8.373	7.491	9.753	9.811	9.888
	～1.00000	7.028	7.950	9.494	10.043	9.184	11.233	12.490	11.937
	～0.79433	7.846	9.615	12.037	11.922	11.537	12.947	16.017	14.618
	～0.63096	8.821	11.570	16.230	14.110	15.063	14.903	21.118	17.354
	～0.50119	10.015	13.775	22.743	16.595	19.663	17.079	27.724	20.546
	～0.39811	11.224	16.166	30.302	19.441	24.218	19.685	34.784	24.033
	～0.31623	12.525	18.913	38.971	22.776	28.379	22.511	41.724	27.915
	～0.25119	14.261	21.998	48.491	26.440	32.083	25.900	48.747	32.167
	～0.19953	15.998	25.118	57.135	29.981	35.150	29.690	55.398	36.632
	～0.15849	18.201	28.669	65.210	33.748	38.129	34.530	62.429	41.966
	～0.12589	20.690	32.273	71.896	37.408	40.954	39.953	68.859	47.825
	～0.10000	23.656	36.736	77.727	41.095	43.758	47.240	75.058	55.224
	～0.07943	26.951	41.383	82.707	44.551	46.371	55.028	80.183	63.896
	～0.06310	30.376	45.948	86.441	48.052	48.757	62.482	83.883	72.650
	～0.05012	33.973	51.128	89.883	51.947	50.784	70.811	87.294	82.756
	～0.03981	37.804	56.062	92.475	56.463	52.815	79.070	89.864	93.079
	～0.03162	41.536	60.751	94.574	61.707	54.740	87.144	92.145	102.902
	～0.02512	45.272	65.167	96.306	66.760	57.082	94.195	94.052	111.166
	～0.01995	49.887	69.135	97.875	71.787	59.820	100.325	96.227	117.963
	～0.01585	55.741	72.746	99.300	76.360	63.464	105.490	98.597	123.514
	～0.01259	63.244	76.523	100.910	80.944	68.226	110.064	101.487	128.331
	～0.01000	71.912	80.542	102.938	85.567	75.051	114.035	105.205	132.470
	～0.00794	79.735	84.539	105.250	90.087	84.584	117.871	109.218	135.999

曝露地		東京							
スランプ(cm)		18							
水セメント比(%)		50				60			
	番号	N-7		N-9		N-10		N-12	
	試料採取位置	内側	外側	内側	外側	内側	外側	内側	外側
	細孔直径範囲(μm)								
積算細孔量(mm^3/cm^3)	~10.00000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	~7.94328	1.030	1.062	1.017	0.954	1.326	1.162	0.885	0.939
	~6.30957	2.223	2.208	2.531	2.209	3.305	2.191	2.511	2.173
	~5.01187	2.954	2.593	3.122	2.960	4.153	2.848	2.971	2.842
	~3.98107	3.265	2.930	3.461	3.155	4.483	3.339	3.283	3.559
	~3.16228	3.819	3.678	4.061	4.035	5.134	4.080	3.903	4.613
	~2.51189	4.298	4.648	4.654	5.081	5.681	5.043	4.493	5.855
	~1.99526	5.755	5.570	5.322	5.794	6.398	5.958	5.514	7.362
	~1.58489	6.780	6.764	6.277	6.790	7.296	7.143	6.909	9.010
	~1.25893	7.403	8.219	7.463	8.229	8.290	8.586	8.675	10.849
	~1.00000	8.258	9.893	8.843	9.926	9.638	10.247	10.978	12.612
	~0.79433	9.504	11.597	10.573	11.839	11.273	11.964	14.567	15.000
	~0.63096	10.976	13.661	13.550	13.844	13.240	14.201	19.787	18.117
	~0.50119	12.779	16.371	18.914	16.322	15.618	16.749	26.782	21.344
	~0.39811	14.954	19.730	26.967	19.612	18.101	19.598	34.719	24.804
	~0.31623	17.393	23.619	37.691	23.729	20.793	22.776	42.762	28.629
	~0.25119	19.982	28.107	49.661	28.366	23.610	26.273	50.433	32.946
	~0.19953	22.753	32.795	60.005	32.697	26.452	30.143	57.706	37.572
	~0.15849	26.186	37.911	69.084	37.226	29.642	34.878	65.133	43.435
	~0.12589	29.770	42.577	76.445	41.393	32.508	39.991	71.519	50.018
	~0.10000	33.999	47.253	82.622	45.446	35.501	46.061	77.560	58.878
	~0.07943	38.619	51.837	88.012	49.192	38.264	52.822	82.911	68.903
	~0.06310	43.372	56.150	92.349	52.726	40.985	59.309	87.217	79.011
	~0.05012	48.742	60.914	96.132	56.625	43.932	66.573	91.165	90.721
	~0.03981	53.857	65.558	99.366	60.861	46.769	73.916	94.184	102.787
	~0.03162	58.931	69.853	102.058	65.461	49.605	80.881	96.777	113.319
	~0.02512	63.519	73.843	104.256	70.200	53.024	87.188	99.025	122.044
	~0.01995	68.105	77.381	106.542	74.795	57.154	92.724	101.173	128.564
	~0.01585	73.006	80.821	108.553	79.105	62.017	97.588	103.415	134.083
	~0.01259	78.723	84.433	110.893	83.734	68.623	102.377	105.989	138.563
	~0.01000	85.612	88.180	113.451	88.397	78.692	107.101	109.191	142.360
	~0.00794	93.187	92.111	116.265	92.947	91.956	111.939	112.668	146.176

関係報告

報告書番号	発行年月	専門委員会報告名
F－1	昭和 28 年 5 月	最近のポルトランドセメントを用いたコンクリートのセメント水比と圧縮強度の関係に関する報告(I)
F－2	昭和 29 年 5 月	最近のポルトランドセメントを用いたコンクリートのセメント水重量比と圧縮強さの関係に関する報告(II)
F－3	昭和 30 年 5 月	最近のポルトランドセメントを用いたコンクリートのセメント水重量比と圧縮強度の関係に関する報告(III)
F－4	昭和 31 年 5 月	最近のポルトランドセメントを用いたコンクリートのセメント水重量比と曲げおよび圧縮強さとの関係に関する報告
F－5	昭和 32 年 5 月	最近のポルトランドセメントを用いたコンクリートのセメント水重量比と圧縮強度および引張強さ係数との関係に関する報告
F－6	昭和 33 年 5 月	最近のポルトランドセメントを用いた舗装用コンクリートを対象とする AE コンクリートのセメント水重量比と曲げおよび圧縮強度との関係に関する報告
F－7	昭和 34 年 5 月	各種セメントを用いた舗装用 AE コンクリートのセメント水重量比と強度との関係に関する報告(その 2 早強および中庸熟ポルトランドセメント)
F－8	昭和 35 年 4 月	各種セメントを用いた舗装用 AE コンクリートのセメント水重量比と強度との関係に関する報告(その 3 高炉セメント)
F－9	昭和 36 年 4 月	各種セメントを用いた舗装用 AE コンクリートのセメント水重量比と強度との関係に関する報告(その 4 シリカセメントおよびフライアッシュセメント)
F－10	昭和 36 年 4 月	コンクリート強度におよぼす細骨材の影響に関する共同試験報告
F－11	昭和 36 年 4 月	コンクリート圧縮強度におよぼす試験方法の影響に関する共同試験報告
F－12	昭和 37 年 5 月	コンクリート圧縮強度におよぼす試験方法の影響に関する共同試験報告(その 2)
F－13	昭和 38 年 3 月	コンクリート圧縮強度におよぼす試験方法の影響に関する共同試験報告(その 3)
F－14	昭和 39 年 6 月	各種のセメントを用いたコンクリートの圧縮強度に関する共同試験報告(その 1)
F－15	昭和 40 年 8 月	各種のセメントを用いたコンクリートの圧縮強度に関する共同試験報告(その 2)
F－16	昭和 41 年 9 月	スランプの相違をも含めたコンクリートのセメント水比と圧縮強度との関係に関する報告
F－17	昭和 42 年 4 月	各種のセメントを用いたコンクリートの長期強度に関する共同試験報告
F－18	昭和 42 年 9 月	硬化コンクリートの配合推定に関する共同試験報告
F－19	昭和 43 年 5 月	富配合かた練りコンクリートのセメント水比と圧縮強度および引張強度との関係に関する報告
F－20	昭和 43 年 10 月	砕石を用いた舗装用コンクリートの圧縮強度および曲げ強度に関する報告
F－21	昭和 44 年 9 月	砕石を用いた軟練りコンクリートの配合および強度に関する報告
F－22	昭和 45 年 9 月	舗装用コンクリートの曲げ強度および引張強度に関する共同試験報告
F－23	昭和 46 年 3 月	硬化コンクリートの配合推定に関する共同試験報告(その 2)
F－24	昭和 47 年 9 月	コンクリートの強度試験方法に関する共同試験報告(その 1) Ⅰ 圧縮強度試験におけるキャッピング材料およびキャッピング方法 Ⅱ 引張強度試験における支承材の有無および支承材の材質 Ⅲ 曲げ強度試験における供試体の寸法および載荷方法
F－25	昭和 48 年 10 月	レデーミクストコンクリート工場の回収水を用いたコンクリートに関する共同試験報告

報告書番号	発行年月	専門委員会報告名
F-26	昭和50年9月	レデーミクストコンクリート工場の回収水を用いたコンクリートに関する 共同試験報告(Ⅱ) 1.回収水使用コンクリートの性質に及ぼす温度の影響 2.減水剤を用いたコンクリートに及ぼす回収水の影響 3.スラッジの経過日数がコンクリートの性質に及ぼす影響 4.回収水とスラッジの品質調査
F-27	昭和50年9月	レデーミクストコンクリート工場の回収水を用いたコンクリートに関する 共同試験報告(Ⅲ) 回収水使用コンクリートの性質に及ぼすスラッジ組成の影響 (付)F-25における中性化試験の中間報告
F-28	昭和51年12月	細骨材の品質調査報告
F-29	昭和52年10月	粗骨材の品質調査報告
F-30	昭和52年9月	海砂の塩分含有量とコンクリート中の鉄筋の発錆に関する促進試験報告
F-25 追加報告	昭和53年4月	レデーミクストコンクリート工場の回収水を用いたコンクリートに関する共同試験 コンクリートの中性化試験結果
F-31	昭和54年6月	粗骨材の品質がコンクリートの諸性質におよぼす影響
F-32	昭和56年3月	細骨材の品質がコンクリートの諸性質におよぼす影響
F-33	昭和56年3月	海砂の塩分含有量とコンクリート中の鉄筋の発錆に関する研究 ー材齢5年中間報告(その1)ー
F-34	昭和57年5月	最近のセメントによるコンクリートの初期強度に関する共同試験報告(その1) ー普通ポルトランドセメントおよび早強ポルトランドセメントを用いた場合ー
F-35	昭和57年7月	海砂の塩分含有量とコンクリート中の鉄筋の発錆に関する研究 ー材齢5年中間報告(その2)ー
F-36	昭和58年2月	最近のセメントによるコンクリートの初期強度に関する共同試験報告(その2) ー高炉セメントB種およびフライアッシュセメントB種を用いた場合ー
F-37	昭和59年3月	コア供試体の圧縮強度におよぼす各種試験要因の影響
F-38	昭和60年7月	初期の乾燥がコンクリートの諸性質におよぼす影響
F-39	昭和61年6月	海砂の塩分含有量とコンクリート中の鉄筋の発錆に関する研究 ー材齢10年中間報告(その1)ー
F-40	昭和62年8月	海砂の塩分含有量とコンクリート中の鉄筋の発錆に関する研究 ー材齢10年中間報告(その2)ー
F-41	昭和63年4月	コンクリートによる高炉スラグ微粉末の混合率に関する研究
F-42	昭和63年1月	コンクリートによるアルカリ反応性骨材の膨張特性に関する研究(その1) ー40℃湿空条件における試験結果ー
F-43	1989年8月	コンクリートによるアルカリ反応性骨材の膨張特性に関する研究(その2) ー屋外暴露および20℃海水反復浸漬条件における試験結果ー
F-44	1989年9月	コンクリートによるアルカリ・シリカ反応の防止に関する研究
F-45	1991年6月	海砂の塩分含有量とコンクリート中の鉄筋の発錆に関する研究 ー材齢15年中間報告ー
F-46	1992年10月	石灰石骨材コンクリートに関する研究
F-47	1994年3月	石灰石骨材のアルカリ炭酸塩岩反応に関する調査・研究

報告書番号	発行年月	専門委員会報告名
F－48	1998 年 4 月	海砂の塩分含有量とコンクリート中の鉄筋の発錆に関する研究 材齢 20 年最終報告
F－49	1999 年 3 月	海砂の塩分含有量とコンクリート中の鉄筋の発錆に関する研究 ーセメントの種類，養生条件および海洋暴露条件の影響(材齢 10 年試験)ー
F－50	1999 年 3 月	コンクリートの断熱温度上昇試験方法に関する研究
F－51	2002 年 3 月	各種セメントを用いたコンクリートの初期強度発現および断熱温度上昇
F－52	2006 年 3 月	各種低発熱セメントを用いたコンクリートの海洋環境下での鉄筋の腐食に関する研究 材齢 5 年報告
F－53	2006 年 3 月	蒸気養生条件がコンクリートの強度発現に及ぼす影響
F－54	2008 年 3 月	寒冷地に暴露した AE コンクリートの耐凍害性 - 材齢 20 年報告-
F－55	2008 年 3 月	各種セメントを用いたコンクリートの耐久性に関する研究
F－56	2010 年 3 月	各種低発熱セメントを用いたコンクリートの海洋環境下での鉄筋の腐食に関する研究 材齢 10 年最終報告
F－55 (追補)	2011 年 3 月	各種セメントを用いたコンクリートの耐久性に関する研究 (コンクリートの乾燥収縮に関する実験結果)
F－57	2012 年 6 月	各種セメントを用いた暑中コンクリートの諸性質に関する研究
F－58	2013 年 3 月	コンクリートの収縮ひび割れ抵抗性に関する試験報告
F－59	2014 年 3 月	各種セメントを用いたコンクリートの断熱温度上昇に関する研究

ISBN 978-4-88175-146-6

コンクリート専門委員会報告 F-60

平成 30 年 3 月 1 日 発行

一般社団法人セメント協会
東京都中央区日本橋本町 1 丁目 9 番 4 号
ヒューリック日本橋本町一丁目ビル 7 階
電話 03 (5200) 5051 (代)

発行所 一般社団法人セメント協会 研究所
東京都北区豊島 4 丁目 17 番 33 号
電話 03 (3914) 2691 (代)

