

5.3 大気汚染の材料・文化財への影響

5.3.1 はじめに

大気汚染影響は人の健康、植物影響など生物ばかりでなく、人工物である金属等の材料、また文化財等にも及んでいる。大気汚染の材料、文化財への影響を認識しこれを調査することは大気汚染による経済的な損出を評価するとともに、都市の施設をはじめとする社会資本の安全確保の上にも役立つ。さらに、経済的にはその価値を算出することのできない人類共通の財産である文化財への長期影響を明らかにし、保存のための対策にも役立つ。これらのことから、各地域、国単位で材料、文化財への影響を調査し、明らかにし、対策に活用することは大きな意義がある。

5.3.2 材料に対する大気汚染の影響

大気汚染物質の材料への影響の程度を表 5.3.1 に示す¹⁾。硫化水素は銀、銅に大きな影響を及ぼし、硫酸化物は鉄鋼、石材に大きな影響を与える。またオゾン高分子有機材料に大きな影響を及ぼす。このように大気汚染物質はその種類と材料を構成する物質によって影響の程度が異なる。従って、地域の大气汚染の特徴を知ることは、その地域の大气汚染の影響がどの材料に対してどの程度大きいかわかる基礎となる。

表 5.3.1 被害を与える大気汚染物質に対する感受性

材 料	銀	銅	青銅	黄銅	鉄	鋼	スズ	鉛	ハンダ	ニッケル	珪酸	石	高分子	塗料	紙	写真	繊維
水	L	L	L	L	H	H	L	L		N	L	L	N	N	H	L	N
二酸化炭素	L	L	L		M	M		M		L							
アンモニア	M	M	L	L	M	M	L	L	N	N	L						
窒素酸化物	N								M	M	M	L			L	M	
硫化水素	H	H	M	L	N	M	N	L	H	N	L			L		M	
硫化カルボニル	H	H															
イオウ酸化物	L	L	L	L	H	H	N	L	H	M	L	H		M	M	M	M
塩化水素	L	L	L	L	H	H	L	L		L	L	L					
ホルムアルデヒド		L			L	N					N						
有機酸	N	M	M	L	H	L	L	H									L
オゾン	M	M								M		M	H	M		L	L
過酸化水素					L						L						L

H=高, M=中, L=低, N=無, 空欄=データなし

SO₂による大気汚染が大きな問題であった昭和30-40年代に日本各地で実施された陸上鉄骨構造物防食研究会の調査結果を図 5.3.1 に示す²⁾。最も高濃度の大気汚染地帯であった川崎の鋼の腐食速度が最も大きく、内陸部の高山の約10倍を示した。このデータを見ても大気汚染が材料の腐食をいかに加速していたかを知ることができる。

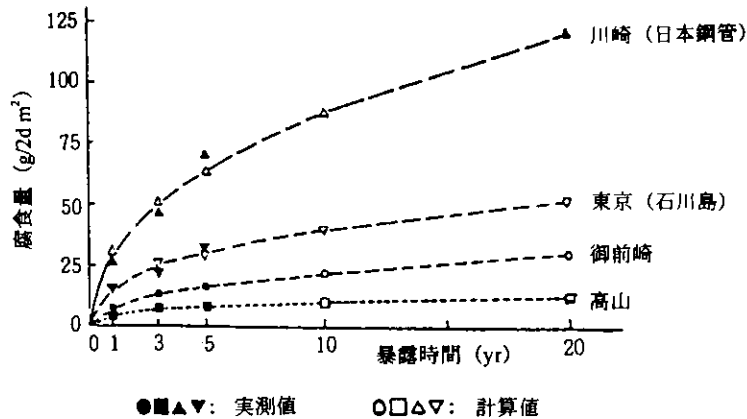


図 5.3.1 キルド鋼の計算値による腐食量

銅の腐食速度と大気汚染との関係を調査した例として、アメリカ東部での屋外の銅の緑錆の発生年を年代別に調査した結果がまとめられている³⁾。その結果を図 5.3.2 に示す。図 5.3.2 から大気汚染の進行とともに、銅の腐食も早まったことが認められる。

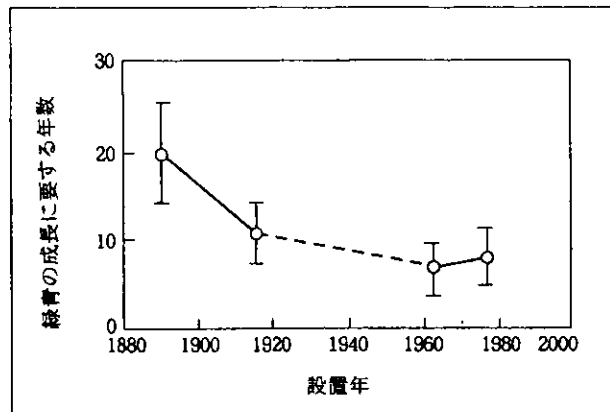


図 5.3.2 米国東部に各年度に設置された銅の表面に緑青が成長するのに要する年数

逆に、材料の腐食速度から大気汚染の程度をランク分けしている例もある。ISO の材料別のランク分けを表 5.3.2~5.3.4 に示す⁴⁾。表 5.3.2 は腐食に影響する主要な環境因子のカテゴリ分類である。表 5.3.3 は材料別の腐食速度を示したものであるが、腐食性カテゴリのランクが同一範囲の場合、材料では鋼の腐食速度が最も大きく、ついで亜鉛、銅、一番小さいのはアルミニウムであった。現在の日本各地の鋼の腐食速度は腐食カテゴリでは低い範囲にはいる。表 5.3.4 は材料別に環境因子と腐食速度との関係をカテゴリ別に示したものである。例えばアルミニウムは S₃ でかなり腐食速度が高いことが分かる。

表 5.3.2 主要環境因子のカテゴリー分類

ぬれ時間		SO ₂ 汚染量			海塩粒子量	
記号	h/y	記号	mg/(m ² ·d)	μ g/m ³	記号	Cl ⁻ ·mg/(m ² ·d)
τ ₁	≤10	P ₀	≤10	≤12	S ₀	≤3 (5)
τ ₂	>10~250	P ₁	>10~35	>12~40	S ₁	>3~60 (99)
τ ₃	>250~2,500	P ₂	>35~80	>40~90	S ₂	>60~300 (495)
τ ₄	>2,500~5,500	P ₃	>80~200	>90~250	S ₃	>300~1,500 (2473)
τ ₅	>5,500					

注：（ ）内の数値は NaCl·mg/m²·d

表 5.3.3 大気暴露・最初の1年の腐食速度 (r_{corr})

腐食性 分類記号	金属の腐食速度 (r _{corr})				
	単位	炭素鋼	Zn	Cu	Al
C ₁	g/(m ² ·y)	≤10	≤0.7	≤0.9	Negligible
	μ m/y	≤1.3	≤0.1	≤0.1	-
C ₂	g/(m ² ·y)	>10~200	>0.7~5	>0.9~5	≤0.6
	μ m/y	>1.3~25	>0.1~0.7	>0.1~0.6	-
C ₃	g/(m ² ·y)	>200~400	>5~15	>5~12	>0.6~2
	μ m/y	>25~50	>0.7~2.1	>0.6~1.3	-
C ₄	g/(m ² ·y)	>400~650	>15~30	>12~25	>2~5
	μ m/y	>50~80	>2.1~4.2	>1.3~2.8	-
C ₅	g/(m ² ·y)	>650~1,500	>30~60	>25~50	>5~10
	μ m/y	>80~200	>4.2~8.4	>2.8~5.6	-

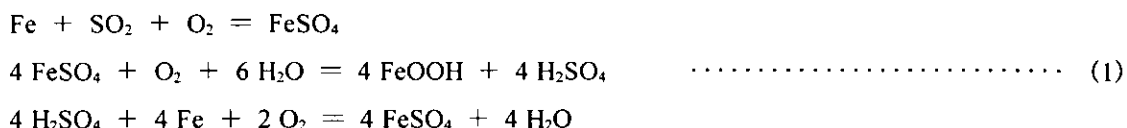
表 5.3.4 環境因子レベルによる大気の腐食性カテゴリーの推定

金属	炭素鋼			Zn and Cu			Al		
	P ₀ -P ₁	P ₂	P ₃	P ₀ -P ₁	P ₂	P ₃	P ₀ -P ₁	P ₂	P ₃
τ ₁	S ₀ -S ₁	C ₁	C ₁	C ₁ or C ₂	C ₁	C ₁	C ₁	C ₁	C ₁
	S ₂	C ₁	C ₁	C ₁ or C ₂	C ₁	C ₁	C ₁ or C ₂	C ₂	C ₂ or C ₃
	S ₃	C ₁ or C ₂	C ₁ or C ₂	C ₂	C ₁	C ₁ or C ₂	C ₂	C ₂	C ₂ or C ₃
τ ₂	S ₀ -S ₁	C ₁	C ₁ or C ₂	C ₂	C ₁	C ₁ or C ₂	C ₂	C ₁	C ₁ or C ₂
	S ₂	C ₂	C ₂ or C ₃	C ₃	C ₁ or C ₂	C ₂	C ₃	C ₂ or C ₃	C ₃ or C ₄
	S ₃	C ₃ or C ₄	C ₃ or C ₄	C ₄	C ₃	C ₃	C ₃ or C ₄	C ₄	C ₄
τ ₃	S ₀ -S ₁	C ₂ or C ₃	C ₃ or C ₄	C ₄	C ₃	C ₃	C ₃	C ₃	C ₃ or C ₄
	S ₂	C ₃ or C ₄	C ₄ or C ₅	C ₅	C ₃	C ₃ or C ₄	C ₃ or C ₄	C ₃ or C ₄	C ₄ or C ₅
	S ₃	C ₄	C ₄ or C ₅	C ₅	C ₃ or C ₄	C ₄	C ₄	C ₄	C ₄ or C ₅
τ ₄	S ₀ -S ₁	C ₃	C ₃	C ₃	C ₃	C ₃ or C ₄	C ₄ or C ₅	C ₃	C ₃ or C ₄
	S ₂	C ₄	C ₄	C ₅	C ₄	C ₄	C ₅	C ₃ or C ₄	C ₄
	S ₃	C ₅	C ₅	C ₅	C ₅	C ₅	C ₅	C ₅	C ₅
τ ₅	S ₀ -S ₁	C ₃ or C ₄	C ₅	C ₅ or C ₄	C ₄ or C ₅	C ₅	C ₄	C ₄ or C ₅	C ₅
	S ₂	C ₅	C ₅	C ₅	C ₅	C ₅	C ₅	C ₅	C ₅
	S ₃	C ₅	C ₅	C ₅	C ₅	C ₅	C ₅	C ₅	C ₅

5.3.3 大気汚染の影響のメカニズム

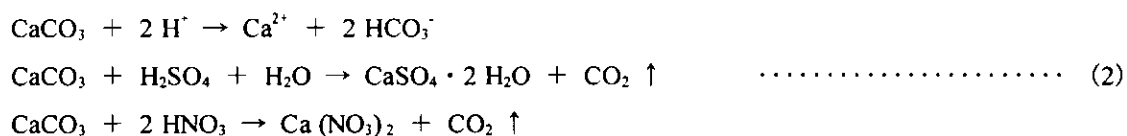
大気汚染が材料の劣化を促進する代表的な例としてSO₂の鋼の腐食への寄与を化学量論的に明らかにした Schikorr の反応式がある⁵⁾。

ここでの反応式を(1)式に示す。



この機構は auto-catalytic といわれ、反応はくりかえし FeOOH を生成し、腐食が進行することになる。大理石に対しては大気中の酸性物質が次のように作用して劣化を進める。

大気中の SO₂、NO₂は大気中で酸化され、SO₄²⁻、NO₃⁻となり、降水を酸性化し、酸性雨をもたらす。酸性雨は(2)式に示すように大理石に作用し、劣化を促進する。



また、他の金属材料に対しても大気汚染がその劣化を促進している。

5.3.4 おわりに

材料、文化財への大気汚染影響は複雑でその調査方法は調査対象が非常に多岐にわたっているため標準化は困難であるが、調査に共通する必要な要件を予め明らかにし、検討しておくことは今後の調査結果を総合的に有効活用し大気汚染対策に役立てるために重要である。