

環境と建築材料

九州大学大学院人間環境学研究科 教授 松 藤 泰 典*

1. はじめに

建物は一つのシステムである。建築材料は設備機器などと共に建物のシステムを構成する要素の一つである(*1)。一般に、システムの問題が構成要素のレベルで解決できるのは、明確な因果関係、つまり、システムが原因と結果が一対一の関係を持つ構成要素の組み合わせで構成されている場合に限られる。

構成要素が非線形であったり、建築のように要素の結合自体が一つのファンクションである場合には、複雑系のシステムとなり、システムに起こった現象あるいは問題の原因を单一の構成要素に求めることはできない。

一方、環境は、その要素自体が常に変動する非線形であり、加えて、人間を含んだ複雑系である。環境要素間の関係もダイナミックに変化していると考えられるので、環境の影響を環境の構成要素レベルで一義的に決定することは困難である。

このように、環境と建築の関わり方は、複雑系と複雑系の相互作用であることを、まず認識しておく必要がある。本論はそのような前提に立った上で環境と建築材料の関係について概観する。

2. 耐用年数

システムとしての建物またはその要素が使用に耐えなくなるまでの年数を耐用年数とい

う。建物は自然環境の中で種々の外的作用を受けてシステム全体およびその要素の物性が変化し、やがて建物の外観や機能(*2)に障害が生ずるようになる。この現象を劣化(degradation)という。劣化の程度を劣化度というが、耐用年数は劣化度が建物の存続と安全に関する要求性能(*3)を満たさなくなつた時点で決まる。これを物理的耐用年数という。

建築材料は構法、施工法と共に物理的耐用年数に密接に関与する。

耐用年数は、図1に示すように、経営・経済性あるいは都市計画・生活レベルの要請などから決まるものもあり、前者を経済的耐用年数、後者を社会的耐用年数という。基本的に物理的耐用年数はこれらの耐用年数よりも長くなければならない。

耐用年数は建物がこれから先、何年間存続し得るかを予測することである。図2に住宅を例にとって日・欧米の更新周期の比較を示す。実際に建てられた建物が解体・撤去されるま

*1：建物をシステムとして見た場合、構法はシステム要素のつなぎ方、施工はその組立方である。

*2：機能とは目的または要求に応じて物が果たす役割をいう。

*3：性能とは目的または要求に応じて物が発揮する能力をいう。

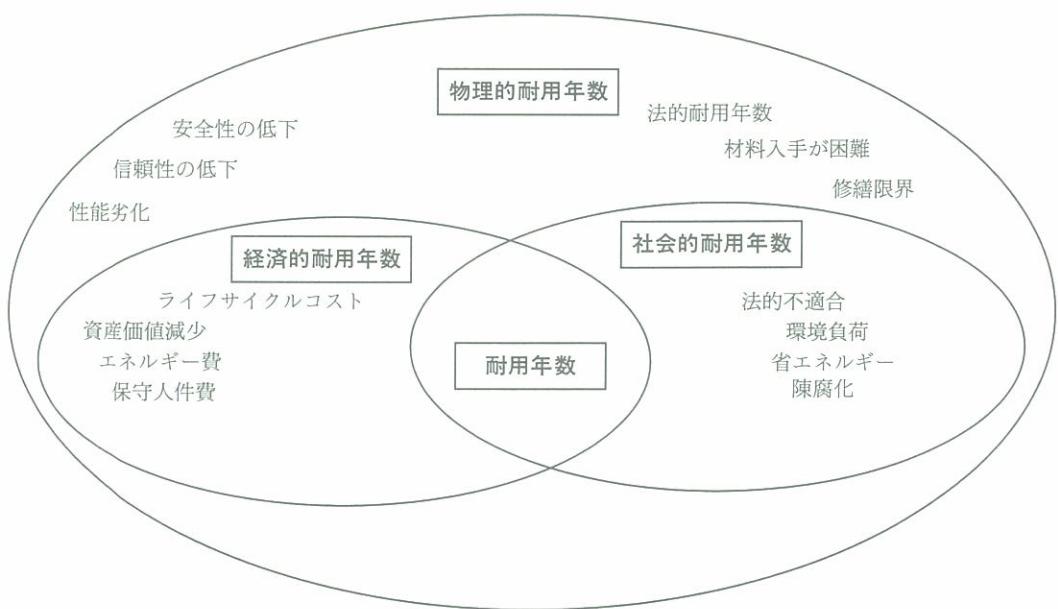


図1 耐用年数の概念

での地上に存続した期間に関するデータとして参考になる。更新周期は日本が30年なのに對してドイツ70年、フランス86年、アメリカ96年、イギリス141年である。更新が物理的、経済的、社会的耐用年数の何れに拠るかによって論点が変わらし、国によって地理的・歴史的背景も異なるのであるが、日本の住宅は欧米諸国に比べて極端に使用期間が短い。

そのことが建築廃棄物の増大を招き、環境問題として深刻である。

対策としては、まず物理的耐用年数を確保し、次いで、経済的および社会的耐用年数に

対する社会的コンセンサスを得る必要がある。

3. ライフサイクルと耐久性方程式

現実の建物は竣工から滅失までの間、何もない訳ではなく、通常、保守・修繕などの維持・保全を行う。建物の維持・保全を行なながら滅失に至る期間をライフサイクル(life cycle)という。ライフサイクルの概念を図3に示す。建物が有する性能(Q)は竣工時の初期水準(Q_i)から経年とともに低下するが許容水準(Q_a)以下にならないように保守を行う。時間の経過の中で生活レベルあるいは設

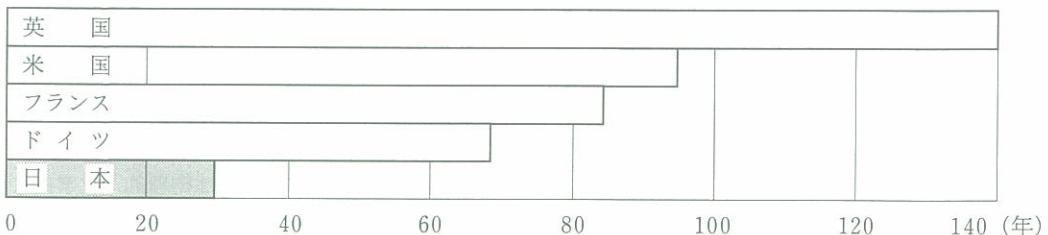


図2 住宅更新周期の国際比較（日本経済新聞1999.7.25号）

備機器の向上、社会的要請などで Q_a 、 Q_i は共に変化する。図中③は Q_a が変化した場合、④は Q_i が変化した場合で、修繕あるいは大規模修繕を行って性能水準を回復・向上させる。

耐用年数は一種の未来予測であるからこれを行うための予測関数すなわち耐久性方程式が必要である。耐久性方程式は建物性能の初期水準 (Q_i) および劣化速度 $D(t)$ で構成される。

$$Q_a = Q_i - \int D(t) dt$$

耐久性方程式の劣化関数は図3①を与える。保守をしないときの物理的耐用年数は Q_a との交点である。通常は保守を繰り返してやがて Q_a を下回る時点で耐用年数に至る (②基準滅失)。この時点で修繕を行って図中③に水準を回復すれば物理的耐用年数を延ばすことができる。 Q_i を越えた水準まで回復させることもある (図中④)。

③、④の何れを選択するかはライフサイクルコスト (life cycle cost, LCC) によって評価する。このようにしてライフサイクル

利得 (gain) を得る。

4. 環境外力と劣化現象

ライフサイクル問題は耐久性方程式を解くことに帰するが、劣化速度 $D(t)$ には環境外力の内容および作用を受ける材料の機械的、物理的および化学的な、つまり材料科学的性質が総合的に関係してくるので複雑である。

劣化 (degradation) とは、地震や火災などの災害を除いた物理的・化学的・生物的要因などの外的作作用によって性能が低下することである。

物の劣化に影響を及ぼす環境諸因子を劣化要因といい、劣化要因を総称して環境外力といいう。

環境外力を、エネルギー系と劣化媒質系 (エネルギーを受けて活性化して劣化に関与する) とに大別して図4に示すが、環境問題に対しては便宜的なものである。石炭燃料による排出物を例に挙げると、煤塵・粉塵はローカルな、硫黄酸化物は酸性雨のようなリージョナルな、二酸化炭素は地球温暖化のようなグローバルな環境外力となる。

物の性能は環境外力によって低下する。物の性能低下に伴つて現れる現象を劣化現象といいう。劣化要因は異なっても劣化現象は同じことがある。また、表面に見られる症状や体に感じられる症状を指して劣化症状ともいう。

劣化要因は物理的、化学的に作用する。通常、両作用は同時に進行し、且つ、相乗効果を示す。ただし、いずれか一方が比

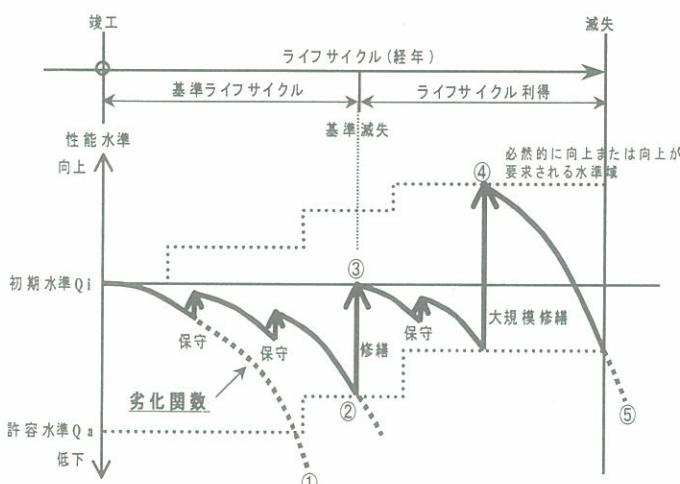


図3 ライフサイクルの概念



図 4 環境外力

較的優勢に進行する場合がある。例えば、湿潤・温暖な低地では化学的劣化作用が活発になるし、乾燥・寒冷地帯、高山地帯などでは物理的劣化作用が卓越する。

4・1 劣化エネルギー系要因による劣化現象

(1) 光劣化 (Photo-deterioration)

光のエネルギーは波長が短いほど大きい。太陽光の中で光劣化に関係するのは紫外線に限られる。地表に届く紫外線の波長は 300 \AA ($3 \times 10^{-8}\text{ m}$) 以上であり、この紫外線の光化学反応によって劣化する。

(2) 放射線劣化 (radiation deterioration)

10^3 eV (= 2.3 kcal/mol) 以上のエネルギーを有するものを放射線という。 α 線 (ヘリウムの原子核), β 線 (高速電子), γ 線 (波長 $0.1\sim 0.001\text{ \AA}$ の電磁波), X 線 (波長 $1\sim 100\text{ \AA}$ の電磁波), 中性子線などがある。放射線をうけた物質の劣化は、放射線のもつ高エネルギーによって活性化されて光化学反応による場合と、放射線の粒子性に起因する場合とがある。例えば、中性子が原子と衝突すると、原子配列をゆがめたり結合を切ったりあるいは原子をはねとばしたりする。中性子は原子との衝突を繰り返すうちに捕捉されその原子

を同位体に変える。放射性同位体は不安定で γ 線励起などが起こり材質は一般に硬脆化する。金属では強度は上昇するが伸びが著しく減少する。鉱物油では粘度が増加する。原子炉の設計では放射線損傷対策が重要である。

(3) 热劣化 (thermal deterioration)

酸化反応は温度依存性が強い。高温下の酸化反応で材質が低下する現象を狭義の熱劣化という。熱によって温度が上昇すると物質は活性化する。アレニウス (Arrhenius) の化学反応に対する速度定数の温度変化を表す式は、 $K = A \cdot e^{-E_a/RT}$ である。これは T を温度、 R を気体定数として速度定数 K が頻度因数 A と活性化エネルギー E_a を含む指数項 ($e^{-E_a/RT}$) の積で表されるとするもので、単純には温度 T が 10°C 上昇すると反応速度は 2 倍になる。

(4) 热分解 (thermal decomposition)

熱による化学変化のうち、熱エネルギーが結合エネルギーを上回るときに生じる。熱分解を支配する要因としては加熱速度、物質の種類・構造、酸素などが影響する。

(5) 热変形 (thermal deformation)

熱膨張は、熱エネルギーを受けて励起された原子間の平均距離が大きくなることによって生じる。

(6) 生物劣化 (bio-degradation)

生物による材料の損傷。カビ類 (fungi), 細菌類 (bacteria), 放射菌類 (actinomycetes)などの微生物が分泌する酵素による分解作用を微生物劣化 (micro organisms) という。

4・2 劣化媒質系要因による劣化現象

(1) 吸水劣化 (water deterioration)

材料の細孔に主に毛細管作用によって水が浸入する現象を吸水といふ。水蒸気を含む大気中に置かれた材料中への水蒸気の拡散現象は吸湿といふ。浸透と拡散の理論として Fick の拡散式がある。大気中の水蒸気圧と平衡するために材料中の水分には脱着現象が生じ、それに伴って、可逆的な膨張 (moisture expansion), 収縮 (drying shrinkage) が生じる。

(2) 溶解・溶出 (solution・elution)

水の溶媒としての作用によって劣化する。

(3) 活性物質による劣化 (degradation by active materials)

材料の表面が主として化学的に活性な物質によって劣化する現象。

5. 金属系建築材料に生じる劣化現象

(1) 乾食 (dry corrosion)

金属表面の結晶格子が破壊される現象を腐食 (corrosion) といふ。金属とその皮膜界面で発生した金属イオンと酸素、ハロゲン、硫黄などの酸化性ガスとが皮膜中に拡散・反応

する腐食を乾食といふ。乾食における腐食生成物はスケール (scale) と呼ばれ、鉄の場合には乾食によって、四三酸化鉄 (Fe_3O_4) を主成分とした緻密な酸化物皮膜が形成される。黒皮と呼ばれ乾燥時には安定な保護膜として働く。

(2) 湿食 (wet corrosion)

金属が電解質液体と接触して、金属と液体との界面に局部電池 (local cell) を形成し、金属イオンとなって溶出していく現象。局部電池には、異種金属による電池構成 (composition cell), 濃淡電池 (concentration cell), 応力電池 (stress cell) の形成などがある。一般にイオン化傾向の大きい金属ほど陽イオンになりやすいので腐食されやすい。実用上は主に湿食が問題になる。鋼の湿食による腐食を「錆 (rusting)」といふ。鋼のさびの主体は水酸化第二鉄 ($Fe(OH)_3$) で赤さびと呼ばれる。体積が2~4倍に増えるので鉄筋コンクリートではこの膨張圧によってひび割れが発生する。

(3) 塩害

密実なコンクリートはアルカリ性が高く、コンクリート中の鋼材の表面は緻密な不動態皮膜 (*) で保護されているので腐食しにくい。コンクリート中に塩化物イオン (Cl^-) が一定量以上存在すると不動態皮膜は部分的に破壊されて鋼材は腐食しやすくなる。

*腐食抑制作用のある薄膜。鉄の酸化物またはオキシ水酸化物でできている。

(4) 微生物劣化

鉄バクテリアが分泌・排泄するクエン酸などの有機酸による発錆促進、土壌菌の硫酸塩環元バクテリアによって還元された硫化水素

による鉄や銅の硫化などが知られている。

6. 無機系建築材料に生じる劣化現象

(1) 熱割れ

岩石は、一般に複数の造岩鉱物で構成されており各造岩鉱物の熱膨張係数が異なる。熱を受けた場合内部応力が生じ、これを繰り返すことによって破壊することがある。ガラスは全面が均等に熱せられればかなり高温にも耐えられるが、局部的に熱せられると熱応力が発生して熱割れを起こす。熱線吸収ガラスが日射によって割れることがあるのは熱応力による。

(2) 乾燥収縮・吸水膨張

石材、陶磁器、コンクリートには微細な空隙があり吸水膨張～乾燥収縮を繰り返す。施工後数年を経てから、ひび割れ、釉薬剥がれ、剝離などを生じることがある。大気中に置かれた普通コンクリートでは $5\sim8\times10^{-4}$ 程度の乾燥収縮ひずみが生じこれによってひび割れが生じることがある。一般に吸水して含水率が増すと強度が低下する。

(3) 凍害 (frost damage, freezing damage)

水は水になると約9%の体積膨張が生じる。材料中の細孔空隙やクラックに含まれている水の凍結による膨張圧と凍結・融解の繰返しによる劣化を凍害という。コンクリートでは練混ぜ水を多くすると、 $10^{-3}\sim10^{-4}$ mm程度の細孔量が多くなり、この細孔中の水が -1°C 内外で凍結して凍害の原因になる。石材では、温度応力とともに凍結による膨張圧が物理作用による劣化外力の主要なものである。多孔質の粘板岩質軟石では表面にポップアウト現象が生じる。れんが、かわら、テラコッ

タなどの多孔質素地をもつ粘土製品も凍結融解作用をうけて、剝落や層状剝離を生じる。

(4) 溶出

コンクリートの水和生成物に水酸化カルシウム ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) がある。コンクリートが流水に接すると遊離 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ が徐々に溶出する。雨水があたる箇所では、雨水中の炭酸 (H_2CO_3) が $\text{Ca}(\text{OH})_2$ に作用する。 H_2CO_3 濃度が低い場合は不溶性の中性炭酸塩 (CaCO_3) を生じて安定するが、 H_2CO_3 の濃度が高くなると可溶性の酸性炭酸塩 ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$) を生じて溶出する。ガラス表面は親水性でありガラス中のアルカリ分が溶出して表面風化（ヤケと呼ばれる）を生じることがある。

(5) 中性化

材料の表面が主として化学的に活性な物質によって劣化する現象である。コンクリートは、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ が強アルカリ性 (pH12～13) の化学活性のため低濃度のアルカリには侵食されないものの、多くの酸類、油脂類に侵食される。とくに空気中の炭酸ガスの作用によって水酸化カルシウムが炭酸カルシウムに変化する反応は中性化 (neutralization) と呼ばれる。コンクリートの中性化そのものは、強度にはほとんど影響しないが、鉄筋コンクリートの場合、鉄筋の不動態皮膜の形成が阻害され、酸素を含む水分が存在すれば、鉄筋がさびる。ガラスを含む陶磁器類は、一般に化学的に安定な材料であるが、フッ化水素酸、溶融アルカリなどに侵食される。

(6) アルカリ骨材反応

コンクリート中の水酸化アルカリ (NaOH ,

KOH) と骨材中のアルカリ反応性鉱物(*) との間の化学反応。アルカリ・シリカゲルの生成およびその吸水膨張によってコンクリートにひび割れが生じる。

*アルカリ反応性鉱物には火山ガラス、クリストバライト、トリディマイト、オパール、微晶石英および結晶格子にひずみを有する石英がある。これを含む可能性のある岩石としては、安山岩、流紋岩、玄武岩、石英安山岩、花崗岩、チャート、砂岩、頁岩、石灰岩、粘版岩、片麻岩、片岩などがある。

(1) 微生物劣化

チオバチルスなどの硫黄酸化細菌は水や空気中の酸素を取り込み石材に含まれる硫黄と結合させて硫酸を生成し石材表面を損傷させる。コンクリートには気性藻と呼ばれる藻類が付着しやすい。打放しコンクリートの外壁では浮遊粉塵、排気ガスの吸着と共に汚れの原因の一つになる。

7. 有機系建築材料に生じる劣化現象

(1) 天候劣化・風化

有機高分子材料には光劣化が顕著に生じる。これらは遊離基 (free - radical) や励起分子が開始剤となってラジカル反応が進み、酸化によって高分子の主鎖切断や架橋を生じる。硬脆化したり粘稠化したりする。

特に紫外線劣化を生じやすいプラスチックはポリエチレン、ポリスチレン、ポリプロピレンなどである。ポリカーボネート、アクリルなどは比較的耐候性がある。耐候性の改善には紫外線吸収材が添加される。

屋外環境下で劣化する場合を天候劣化 (weathering) という。木材表面が天候劣化によって銀白色に変化する現象を風化という。紫外線と水分、酸素による一種の漂白作用で

ある。

(2) 変退色・脆化・収縮・ひび割れ

高分子材料の熱劣化は光劣化と同じラジカル酸化反応によって生じる。

(3) 熱変形

多くのプラスチックは熱を加えると可塑性 (plasticity) を示す。熱膨張率は他の材料に比較して著しく大きく、建築材料としては寸法安定性に欠ける。取付けにあたっては熱膨張に対する逃げを取っておく。

(4) 膨潤

溶剤と高分子材料の極性が一致すると両者の合体現象が起こり膨潤してついには溶解する。

(5) 溶解

プラスチックは、吸水性をほとんど示さないものから多量の水を吸収して特性が変化するものまである。無極性基だけのものは吸水性が小さい。ポリ四ふっ化エチレン、ポリプロピレン、ポリエチレンは吸水性がほとんどない。一般に、水酸基 (-OH)、カルボキシル基 (-COOH)、アミン基 (-NH₂) などが結合すると吸水性が高くなり、はなはだしいときには水に溶解するようになる。ポリビニルアルコール、メチルセルローズ、カルボキシメチルセルローズなどは水によく溶解する。ナイロン6、ナイロン66などは吸湿しやすい。

実用化されている樹脂では、弱酸および弱アルカリに侵されるものは比較的少ない。強酸、強アルカリに対しては弱いものがある。ホルマリン縮重合形樹脂はいずれにも侵され

る。有機溶剤に対しては極性が異なる溶剤には溶けない。重合度が増したり結晶性が増しても溶解度は低下する。一般に熱硬化性樹脂はほとんど溶解しない。熱可塑性樹脂の有機溶剤に対する応答はきわめて複雑である。たとえば、塩化ビニルはアルコール類、脂肪族炭化水素、油に対しては耐えるが、芳香族炭化水素によって膨潤し、ケトン、エステルには膨潤、溶解する。

(6) オゾン劣化

高分子材料の活性物質による劣化は、電気の良導体である金属とは劣化機構が全く異なる。主として、化学的に活性な物質の高分子材料への侵入および拡散によって生ずる。ゴム材料などで問題になるオゾン劣化は活性ガスの一種であるオゾン (O_3) が高分子の二重結合などの不飽和結合部分を劣化させるものである。

(7) 干割れ・狂い

木材は、含水率の増減によって伸縮する。含水率 1% の変化に対する樹幹方向の伸縮率は、比重を ρ とすれば、約 $0.03\rho\%$ である。木材の乾燥が不十分であると使用開始後に寸法変化、干割れ、狂いが生じる。含水率が増すと強度は低下する。

(8) 腐朽・食害

木材腐朽菌による木材の分解を腐朽 (rot) と呼ぶ。木材は、腐朽のほかにシロアリ、ヒラタキクイムシなどの食害による穿孔によって損傷することがある。

8. 有機系建築材料の生体への影響

有機系建築材料は、一般に高分子状態では

ほとんど毒性を示さないが、発火点以下の低温加熱時や空気不足時にモノマーや各種の炭化水素を多く発生する。モノマーの状態で有毒なものがある。たとえばエポキシ樹脂の硬化剤、アミン類、ポリアミド類、酸無水物などは、触れるとかぶれたり、皮膚炎を起こすことがある。ユリア樹脂からは、ホルマリンが発生する。吸入量が多いと肝臓や腎臓に障害が起こる。

8・1 環境ホルモン

化学物質による環境汚染が進行しているという認識が環境ホルモン問題を惹起したといえる。正式な名称は「内分泌攪乱化学物質」(EDC : Endocrine Disrupting Chemicals) と呼ばれる。環境中に存在してホルモン類似の作用を生態に及ぼす化学物質の総称であるが、「生体の恒常性、生殖、発生あるいは行動に関する種々の生体内ホルモンの合成、貯蔵、分泌、体内輸送、結合、そしてそのホルモン作用そのもの、あるいはクリアランス（分解つまりホルモンがつくられ、働いて壊されるまでのプロセス）などの諸過程に関わって、それを阻害する性質を持つ外来性の物質」という広い定義を持つので、何が環境ホルモンであるかを論ずる場合には必ず前提条件が必要である。

プラスチックに含まれる物質で、環境ホルモンとして考えられている物質には、①ポリプロピレン、ポリスチレンなどの添加剤（酸化防止剤）および界面活性剤に含まれているノニルフェノールおよびアルキルフェノール、②エポキシ、ポリカーボネートに含まれているビスフェノール A、③ポリ塩化ビニルの可塑剤に含まれているフタレート類などがある。

8・2 有毒ガス

有機系建築材料が燃焼して発生する有毒ガスには、塩化水素 (HCl), 一酸化炭素 (CO), アンモニア (NH_3), シアン化水素 (HCN) などがある。

塩化ビニルのように塩素 (Cl) を含む材料は 200°C 程度から HCl を発生する。塩化水素を吸入すると鼻炎, 鼻中隔穿孔, 歯の損傷, 咽頭炎, 気管支炎, 肺炎, 頭痛, 心悸亢進などを引き起こす。許容濃度 5ppm。トリクロルジフォスフェートは毒性が強い。ユリア樹脂, メラミン樹脂などの窒素 (N) を含む材料は, 約 400~500°C で HCN を発生する。HCN を吸入すると頭痛, 倦怠, 目眩, 悪心, 嘔吐, 呼吸逼迫, 弛緩, 心悸亢進, 仮死, 呼吸停止, チアノーゼ, 痙攣を経て死に至る。猛毒ガスである。許容濃度 10ppm。 NH_3 は皮膚, 粘膜に対する刺激性, 腐食性ガスである。組織の深部に及びやすく, 目に入ると視力障害を起こす。許容濃度 50ppm。CO を吸入すると血液の酸素供給能力を阻害し, 頭痛, 目眩, 嘔吐, 悪心, 耳鳴り, 発汗, 全身痛などを引き起こす。許容濃度 50ppm。二酸化炭素 (CO_2) は空気の酸素濃度を下げ人を窒息させる。燃焼場に酸素量が少なくて不完全燃焼の場合に発生する熱分解生成物 (メタン, エタン, アセチレンなど) ガスも同様である。ポリスチレン, ポリエステルからは, スチレンモノマー, メタクリル樹脂からはメタクリル酸メチルモノマー, ポリエチレンからはパラフィンなどが発生する。熱安定剤のステアリン鉛は猛毒なので注意を要する。ポリエチレン, エチルセルロース, サラン, ポリ塩化ビニル, ナイロン, レーヨンに限っていえば, 酸素が十分に供給された状態で発生する燃焼生成ガスの成分として, CO および CO_2 はすべて

のプラスチックで生成する。 CO_2 は全体が多く, CO はポリスチレン, エチルセルロース, ナイロンなどに多い。HCl はサラン, ポリ塩化ビニルで生成する。 NH_3 と HCN はナイロンで生成する。ポリ塩化ビニルではホスゲン (COCl_2) が生成する。猛毒である。

8・3 ダイオキシン

ポリ塩化ジベンゾダイオキシン類 (Polychlorinated dibenzo-para-dioxin, PCDD) の総称で毒性が強い。ポリ塩化ビニルなどの塩素含有プラスチック類や含塩素系化合物の焼却時に生成する。次のように焼却条件を設定することによってダイオキシン類の発生を抑制することが可能であるとされている。

- ①ダイオキシンの発生濃度は燃焼温度が 700~800°C で高く, これを越えると低くなるので, 燃焼温度を 850°C 以上にする。
- ②CO 濃度が 100ppm を越えるとダイオキシン濃度が大きく上昇するので, CO 濃度を減少させるように完全燃焼状態をつくる。
- ③排ガス温度が 200°C を越えるとダイオキシン濃度が高くなるので集塵器に入る排ガスの温度を低温化する。

9. おわりに

環境と建築材料との関わり方について概観したが, 以上述べたように, 建物は一つのシステムであり建物に固有の耐用年数を有する。システムを構成する要素の一つである建築材料もそれぞれに耐用年数をもつが, 材料の耐用年数は種類, 環境条件などによって異なる複雑系である。環境自体が一つの複雑系である。従って, これらの関係が一義的に解けないとすれば, 部材要素を取り替え易い, つまり

り、保守・修繕を行い易い建築構法とすることが現実的な対応である。更に、保守・修繕工事の際に建築廃材をできるだけ少なくすることが環境対策上必要である。これは建築時にも共通する。これによって建物のライフサイクル利得を大きくすることができる。

このような要求を満たす構法の建築は循環建築と呼ばれるであろう。循環建築のコンセプトは、システムとしての建築要素である建築材料とその構成のつなぎ方（構法）において異質の材料を接着（bonding）しないことであることを提案して結びとする。

