

Q1.22

例①

If polyurethane or polyester coating systems are adopted as alternatives to fluoropolymer coatings, the wear rate of the topcoat increases significantly. Compared with fluoropolymer coatings, these alternative systems generally exhibit higher abrasion rates. Even when countermeasures such as increasing the designed film thickness or adding UV absorbers to improve weather resistance are applied, the required repainting frequency is still expected to increase by approximately two to three times.

An increased repainting frequency directly leads to higher life-cycle costs (LCC).

Maintenance-related expenses—including scaffolding, construction duration, equipment and material costs, and labor costs—accumulate over time and have a substantial negative impact on long-term profitability. Therefore, assessing economic feasibility solely based on differences in initial material costs is not appropriate.

In addition, labor shortages in the European construction sector have become a structural and well-documented issue. Reports by European industry organizations and EU labor authorities consistently identify construction as one of the sectors most severely affected by labor and skills shortages across the EU. This situation is driven by demographic aging, the retirement of experienced workers, and declining entry of younger workers into the construction trades, and it is expected to persist or worsen in the coming years.

Under these conditions, securing a sufficient number of workers—particularly skilled and experienced craftsmen—on construction sites is becoming increasingly difficult. As a result, labor costs are rising across many European countries. At the same time, raw material costs have shown a long-term upward trend. In such an environment, coating systems that require more frequent repainting impose a significantly higher economic and operational burden.

Furthermore, there is a realistic risk that required maintenance cannot be carried out adequately or consistently. Insufficient maintenance accelerates the deterioration of structures and increases safety risks. For social infrastructure such as bridges, the applicability of alternative materials should therefore be evaluated only in conjunction with long-term, realistic maintenance plans that can be reliably implemented, considering available manpower and budgetary constraints.

In summary, the economic feasibility of alternative coating systems depends heavily on country- and region-specific factors, including labor availability, budgetary capacity, and climatic conditions. For these reasons, imposing a uniform substitution approach across all European regions should be approached with caution from both an economic and a practical implementation perspective.

ポリウレタン系やポリエステル系の塗装システムをフッ素ポリマー塗料の代替として採用した場合、上塗り塗膜の摩耗速度は大幅に増加する。これらの代替システムは、一般にフッ素ポリマー塗料と比較して摩耗率が高い。設計膜厚の増加や、耐候性向上のための紫外線吸収剤の添加といった対策を講じたとしても、必要な再塗装頻度は約 2~3 倍に増加すると見込まれる。

再塗装頻度の増加は、ライフサイクルコスト（LCC）の上昇に直結する。足場設置、施工期間、機材・資材費、労務費など、維持管理に伴う費用は時間とともに累積し、長期的な収益性に大きな悪影響を及ぼす。そのため、初期材料費の差だけで経済性を評価することは適切ではない。

さらに、欧州の建設分野における労働力不足は構造的かつ広く認識されている問題である。欧州の業界団体や EU 労働当局の報告では、建設業は EU 全域で最も深刻な労働力・技能不足に直面している分野の一つとして一貫して位置付けられている。この状況は、人口の高齢化、熟練労働者の退職、若年層の建設業への参入減少といった要因によって生じており、今後も継続または悪化することが予想される。

こうした状況下では、特に熟練した技能労働者を十分に確保することがますます困難になっている。その結果、多くの欧州諸国で労務費が上昇している。同時に、原材料費も長期的に上昇傾向を示している。このような環境では、再塗装頻度の高い塗装システムは、経済的にも運用面でも大きな負担となる。

さらに、必要な維持管理が十分かつ継続的に実施できない現実的なリスクも存在する。維持管理が不十分であれば、構造物の劣化が加速し、安全リスクが増大する。橋梁などの社会インフラにおいては、利用可能な人員や予算制約を踏まえ、確実に実施可能な長期的かつ現実的な維持管理計画と併せて、代替材料の適用性を評価する必要がある。

まとめると、代替塗装システムの経済性は、労働力の確保状況、予算規模、気候条件など、国や地域ごとの要因に大きく依存する。このため、欧州全域に一律の代替措置を適用することは、経済面および実務面の両方から慎重に検討すべきである。

Q1.22

例②

The background document lists polyurethane- and polyester-based coating systems as potential alternatives to fluoropolymer coatings for architectural applications. However, from a technical standpoint, these alternatives do not meet the fundamental performance requirements of this use.

It is well established by scientific data that the chemical bond energy of carbon-fluorine bonds is significantly higher than that of other organic polymers. This intrinsic material property results in outstanding resistance to ultraviolet (UV) radiation and weathering. In contrast, there is currently no validated evidence demonstrating that the PFAS-free coating systems cited in the background document, including those proposed by Hempel, provide durability equal to or greater than fluoropolymer coating systems.

It is also important to clarify that the term “25 years of durability” is used with different meanings.

Hempel’s assessment is based on the time until corrosion of the steel substrate becomes visible. In our view, however, the relevant technical requirement is that the topcoat itself maintains its functional performance for 25 years and continues to protect the underlying coating layers over that period.

These different evaluation approaches have major practical implications. Allowing a structure to deteriorate until corrosion occurs leads to longer repair periods, more complex maintenance work, and higher overall costs, compared with planned renewal of only the topcoat. From a life-cycle cost (LCC) perspective, maximizing the service life of the topcoat is therefore the most critical technical requirement.

In terms of UV resistance, fluoropolymer coatings outperform polyurethane and other resin systems by a significant margin. Degradation caused by UV exposure progresses two to three times faster in polyurethane-based coatings than in fluoropolymer coatings. This also applies to polyurethane coating systems combined with Hempel’s “Advanguard” technology cited in the background document.

Advanguard is an excellent epoxy-based material for corrosion protection of steel structures; however, epoxy resins are inherently highly vulnerable to UV radiation. As a result, intermediate and topcoat layers are required to protect the epoxy layer. In the coating system described in the background document, a polyurethane topcoat is used, and it is claimed that corrosion protection can be maintained for more than 25 years.

Nevertheless, polyurethane topcoats typically wear at a rate of approximately 2 μm per year, whereas fluoropolymer topcoats wear at around 0.5 μm per year. In theoretical terms, this means that a fluoropolymer topcoat can provide roughly four times longer service life than a polyurethane topcoat under comparable conditions.

The idea of compensating for this difference by applying a thicker polyurethane layer is not technically feasible. Excessive film thickness increases the risk of cracking and premature failure of the coating.

In summary, there is a substantial and inherent gap in durability between fluoropolymers and alternative resin systems such as polyurethane or polyester. This gap cannot be closed through coating design alone, and functionally equivalent PFAS-free alternatives for this specific application are currently not technically feasible.

背景文書では、建築用途におけるフッ素ポリマー塗料の代替候補として、ポリウレタン系およびポリエステル系の塗装システムが挙げられている。しかし、技術的観点から見ると、これらの代替材料は本用途に求められる基本的な性能要件を満たしていない。

炭素-フッ素結合の結合エネルギーが他の有機ポリマーよりも著しく高いことは科学的データにより確立されている。この材料固有の特性により、フッ素ポリマーは紫外線 (UV) および耐候性に極めて優れた抵抗性を示す。これに対し、背景文書で言及されている PFAS フリー塗装システム (Hempel が提案するものを含む) が、フッ素ポリマー塗装システムと同等以上の耐久性を有することを示す検証済みの証拠は現時点で存在しない。

また、「25 年の耐久性」という表現が異なる意味で使用されている点も明確にする必要がある。Hempel の評価は、鋼材基材に腐食が目視で確認されるまでの期間を基準としている。一方、私たちが重要と考える技術要件は、上塗り塗膜自体が 25 年間その機能を維持し、その期間を通じて下層塗膜を保護し続けることである。

この評価方法の違いは、実務上大きな影響をもたらす。腐食が発生するまで構造物の劣化を許容すれば、補修期間は長期化し、作業は複雑化し、総コストも増大する。一方、上塗りのみを計画的に更新する場合は、これらの負担を大幅に軽減できる。したがって、ライフサイクルコスト (LCC) の観点からは、上塗り塗膜の耐用年数を最大化することが最も重要な技術要件となる。

紫外線耐性の観点では、フッ素ポリマー塗料はポリウレタン系およびその他の樹脂システムを大きく上回る。UV による劣化進行は、ポリウレタン系塗料ではフッ素ポリマー塗料の 2~3 倍の速度で進む。この傾向は、背景文書で引用されている Hempel の「Advanguard」技術を組み合わせたポリウレタン塗装システムにも当てはまる。

Advanguard は鋼構造物の防食に優れたエポキシ系材料であるが、エポキシ樹脂は本質的に UV に非常に弱い。そのため、エポキシ層を保護するために中塗りおよび上塗り層が必要となる。背景文書で示された塗装システムではポリウレタン上塗りが使用されており、25 年以上の防食性能が維持できるとされている。

しかし、ポリウレタン上塗りは通常、年間約 2 μm の速度で摩耗するのに対し、フッ素ポリマー上塗りの摩耗速度は年間約 0.5 μm である。理論的には、同等条件下でフッ素ポリマー上塗りはポリウレタン上塗りの約 4 倍の耐用年数を提供できることになる。

この差を補うためにポリウレタン塗膜を厚くするという考え方は、技術的に実現不可能である。過度な膜厚は、ひび割れや早期破壊のリスクを高めるためである。

まとめると、フッ素ポリマーとポリウレタンやポリエステルなどの代替樹脂システムとの間には、耐久性において本質的かつ大きな差が存在する。この差は塗装設計のみで埋めることはできず、この特定用途において機能的に同等な PFAS フリー代替材料は、現時点では技術的に実現可能とは言えない。

Q1.22

例③

In the background document, a urethane coating system using Advanguard is presented as an alternative to architectural fluoropolymer coatings. However, when the technical requirements of this application are considered, this system cannot be regarded as providing performance equivalent to that of fluoropolymer coatings.

For topcoat applications on buildings and steel structures, the key technical requirements are long-term weatherability, particularly resistance to ultraviolet (UV) radiation, and adequate abrasion resistance of the topcoat. Because the topcoat is directly exposed to the most severe outdoor conditions, its durability largely determines the service life of the entire coating system.

In general, urethane coatings are susceptible to UV-induced degradation and are reported to have an abrasion rate of approximately 2 micrometers per year. In contrast, fluoropolymer coatings exhibit a much lower abrasion rate of approximately 0.5 micrometers per year. This clear difference indicates that, when fluoropolymer resins are used as topcoats, roughly four times greater long-term durability can theoretically be achieved compared with urethane-based systems.

Advanguard itself is an epoxy-based material with excellent anti-corrosion performance for steel structures. However, epoxy resins are inherently vulnerable to UV radiation and therefore require protection by a weather-resistant topcoat. In the urethane coating system incorporating Advanguard described in the background document, the final weathering performance ultimately depends on the urethane topcoat. The abrasion resistance and UV durability of urethane coatings, however, are not equivalent to those of fluoropolymer coatings.

This difference in durability also affects coating degradation behavior. Both urethane and fluoropolymer coatings undergo chemical bond scission under UV exposure, leading to chalking and the generation of fine particles. Because urethane coating systems have higher abrasion rates, the quantity of particles released is relatively greater. As a result, replacing fluoropolymer coatings with a urethane-based system would theoretically lead to an approximately fourfold increase in microplastic emissions. The background document itself identifies coating-derived microplastics as a matter of concern.

Accordingly, the urethane coating system using Advanguard does not adequately satisfy the technical requirements of long-term weatherability and topcoat abrasion resistance for this application. Moreover, the resulting lack of durability gives rise to a secondary issue in the form of increased microplastic emissions. From a technical standpoint, this system cannot be considered a functionally equivalent alternative to architectural fluoropolymer coatings.

背景文書では、Advanguard を使用したウレタン塗装システムが建築用途のフッ素ポリマー塗料の代替として提示されている。しかし、この用途に求められる技術要件を考慮すると、このシステムがフッ素ポリマー塗料と同等の性能を提供するものとは見なせない。

建築物や鋼構造物の上塗り用途において重要な技術要件は、長期耐候性、特に紫外線 (UV) に対する耐性と、上塗り塗膜の十分な耐摩耗性である。上塗りは最も厳しい屋外環境に直接曝されるため、その耐久性が塗装システム全体の寿命を大きく左右する。

一般に、ウレタン塗料は UV による劣化を受けやすく、年間約 $2 \mu\text{m}$ の摩耗速度が報告されている。これに対し、フッ素ポリマー塗料の摩耗速度は年間約 $0.5 \mu\text{m}$ と大幅に低い。この明確な差は、上塗りにフッ素ポリマー樹脂を使用した場合、ウレタン系システムと比較して理論上約 4 倍の長期耐久性が得られることを示している。

Advanguard 自体は鋼構造物の防食性能に優れたエポキシ系材料である。しかし、エポキシ樹脂は本質的に UV に弱く、耐候性のある上塗りによる保護が不可欠である。背景文書で示された Advanguard を組み込んだウレタン塗装システムでは、最終的な耐候性能はウレタン上塗りに依存する。しかし、ウレタン塗料の耐摩耗性および UV 耐性はフッ素ポリマー塗料と同等ではない。

この耐久性の差は、塗膜の劣化挙動にも影響する。ウレタン塗料とフッ素ポリマー塗料はいずれも UV 曝露により化学結合が切断され、チョーキングや微細粒子の発生を伴う。しかし、ウレタン系塗装システムは摩耗速度が高いため、放出される粒子量は相対的に多くなる。その結果、フッ素ポリマー塗料をウレタン系システムに置き換えると、理論上、マイクロプラスチック排出量が約 4 倍に増加することになる。背景文書自体も、塗膜由来のマイクロプラスチックを懸念事項として挙げている。

以上のことから、Advanguard を使用したウレタン塗装システムは、本用途に求められる長期耐候性および上塗りの耐摩耗性という技術要件を十分に満たしていない。さらに、耐久性不足に起因してマイクロプラスチック排出量が増加するという二次的な問題も生じる。技術的観点から、このシステムを建築用途のフッ素ポリマー塗料の機能的に同等な代替材料と見なすことはできない。