

アルミの
はなし

アルミエージ

Japan
Aluminium
Association

2012 Summer

No. 176

アルミ
+
東京
スカイツリー

全高634m。
アルミ外装材の
技術力を探る！

〔特集〕 東京・下町の新名所

東京スカイツリー®で
活躍するアルミニウム

〔アルミ進化論〕 住宅用アルミサッシ編

日本の住環境を向上させた
アルミサッシの変遷をたどる

グッド・アルミ・デザイン／数字で見るアルミ

東京・下町の
新名所

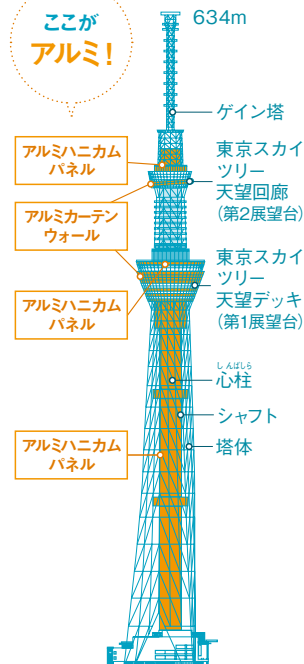
東京スカイツリー®で

東京スカイツリー概要

建設の歩み…

2003年12月、関東一円の安定的な地上デジタル放送電波送信のために在京6社による新タワー推進プロジェクトが発足
2006年3月、建設地決定
2008年7月、着工
2012年2月、竣工
2012年5月22日、開業
所在地…東京都墨田区押上二・二
敷地面積…3万6900㎡（東京スカイツリータウン）

ここが
アルミ！



多くの人で賑わう東京・墨田区
業平橋・押上地区の東京スカイツリー。
超高層タワーの建設には、日本の最高峰といわれる建築資材が投入されました。
なかでも、アルミニウムが重要な役割を担ったのはシャフトや展望台などの外装材。それらの優れた技術力を探ります。

構造…鉄骨造、鉄骨鉄筋コンクリート造、鉄筋コンクリート造
高さ…634m（自立式電波塔として世界）

特長…堅牢な鉄骨で組み上げられ、中央部にエレベーターなどを納めたシャフトがあり、その中心部には心柱がある。地上350mの天望デッキは、3フロアに分かれたすり鉢状の形でガラス張り。地上450mの天望回廊は、スロープ状の回廊。その先には最高到達点「ソラカラポイント」がある。

活躍するアルミニウム

超高層タワーの外装材に採用されたアルミの実力に迫る！

建築資材の選定は、 信頼性と実績を重視

東京スカイツリー®のコンセプトは、「時空を超えたランドスケープの創造」。東京の下町を代表する景観となる建築デザインを担当した日建設計の土屋哲夫さんは、最も注力した点をこう語ります。

「634mという、これまで誰も経験したことのない高さで、100年、200年と永続し、景観として根づくタワーにすることが大きなテーマでした。そのため、街からはどう見えるのか、どうやったら訪れる人に驚きを与えられるのかを考えるとともに、構造担当チームと議論を重ねながら、安全性や耐久性などをとことん追求していきました」

では、そこに使われる建築資材は何を基準に選ばれたのでしょうか。土屋さんの答えは明快です。

「建築資材の選定で重要なのは信

アルミニウムの優位性が 建築デザインの発想力を高め、 新たな可能性を生み出す



(写真提供：大林組)

空に向かって伸びる大きな木をイメージ。タワーの下部の三角形から、頂部に向けて円形へと変化し、見る角度や眺める場所によって多様な表情を見せる



複雑な形状をした天望回廊の立体模型。メーカーや施工業者への詳細な指示・確認にも使われた



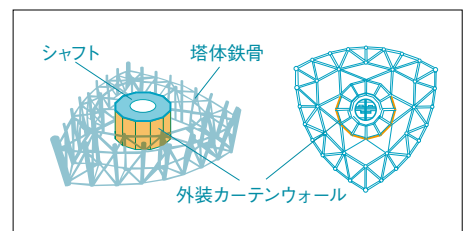
土屋さんの前に広げたA1判の全体像図面。約10名の設計チームは、これを見ながら何度も議論し、修正を加えていった

日建設計 設計部門 設計部 主管

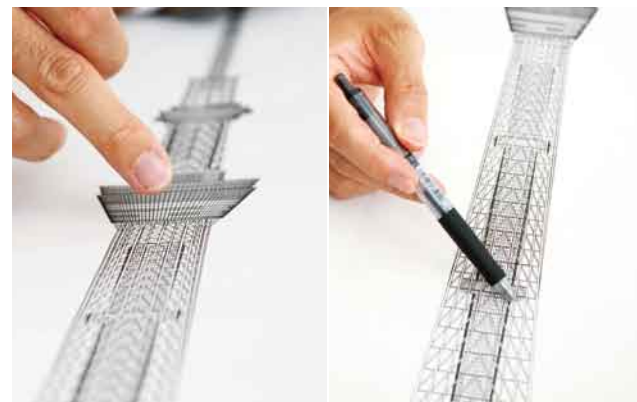
土屋哲夫さん

つちや・てつお 1970年生まれ。東京大学大学院修了。イェール大学大学院修了。1994年日建設計に入社。2007年より現職に。東京スカイツリーの設計では、建築デザインのチームリーダーを務め、建築資材の選定に携わる。

(写真提供：大林組)



(上) 工事途中の真上から見た塔体鉄骨と中心部分
(下)シャフトは12角形のほぼ円筒形。12面のうちエレベーターを除いた8面がアルミハニカムパネル



シャフト、展望台ともに外装材には施工作業の軽減や安全性も求められた

頼性です。少なくとも数十年、建築現場で使用された実績があり、安全性や耐久性が検証できるもの。そのうえで、トップレベルの品質を求めました。その結果、塔体鉄骨部分は高強度鋼管にたどりつき、外装部分は、強度や軽量化を念頭において選定すると、高層建築で多くの実績があるアルミニウムのカーテンウォール（※）に行きつく。シャフトの外装材はアルミハニカムパネルを、展望台の外装材はアルミカーテンウォールに絞り込みました。こうした選定は基本構想の段階からイメージし、その可能性や有効性を想像しながら具体的に検討していきます」

実際の外装材の製造過程では、土屋さんは何度も工場に足を運び、打ち合わせを重ねたそうです。

「どちらも予想を超えた品質でしたね。こうした技術の優位性が、建築デザインの自由な発想を生み出してくれます」

日本の技術力が結集したアルミ外装材は、これからの高層建築設計を後押しする資材として、さらなる可能性が期待されています。

※カーテンウォールとは、建物を支える構造体にカーテンのように包み込むように貼り付ける外装材のこと。

シャフトの外装材として 塔体のスリム化を担った アルミハニカムパネル

シャフトは鉄骨構造の内部にあり、外側からは見えにくい部分ですが、エレベーターや配線、配管などが通る重要な部分です。

「高層では常に強風にさらされるため、シャフトは風を受ける面積を少なくし、なるべく細くしようと考えました。スリム化することで、鉄骨との間隔を大きく取り、風の抜けるタワークラスをイメージして設計していただきました」

東京スカイツリー®完成前の日本一

シャフト外装材の主な選定条件

ユニット加工	フレーム付きのパネルをユニット化するため、それに合わせた形状に加工できる
軽量	ユニットを大型化、軽量化できる
平滑性	パネルが大型化しても強度と表面の優れた平滑性が維持できる

のタワーといえば、333.3mの東京タワー。その倍近い高さは、未知への挑戦でした。

「事前に気象観測気球を飛ばして高層での風速分布や風の乱れを調べるなど、緻密な調査を行ったうえで資材の選定に入りました。まず施工の効率や安全を考えると、外装材はあらかじめフレーム付きのパネルをユニット化し、現場で簡単に組み立てることが条件でした。その時に重要なのは、ユニットの大型化。なぜなら大型化する

ほど、建築構造上の弱点となる接合部分を減らせるからです。加えて、風や地震といった外力の影響を小さくするため、軽量化も重視しました。これらの条件から、アルミ接着ハニカムパネルに決定しました」

採用された製品の1枚の大きさは、縦5m、幅1.3m、厚さ3・25cm、なのに重量は約78kg。

「強度と軽さを備えたまま、これだけ薄く、平滑性も保つて大型化できる外装材はほかに見当たりません。決定にあたっては、メーカーごとの性

(下)シャフトをスリム化することによって、風通しの良い塔体生まれた
(右下)シャフトのアルミハニカムパネルの施工は、専用搬送機で上層部に搬送され組み上げられた



展望台の外装材として 眺望と色を実現した アルミカーテンウォール

天望デッキと天望回廊の外装材選定にも、フレームのユニット化が前提でした。

「中からどう見えるか、外からどう見えるかを考慮して、ユニット化はガラスやパネルを組み込んだ構造の2種類で選定していただきました」

中からの視点で重視したのが、眺望でした。

「眺望を追求するには、ガラス面をできるだけ大きくしたい。言い換えれば、ガラスを支えるフレームを、強度を保ったままで細くしたいと考えました。特に天望回廊は、側面にチューブ型の螺旋を巻き付ける複雑な形のため、ユニットはすべてが異なる形状とサイズで構成されます。わずかな誤差が施工では致命的になるため、成形には今までにない精度を求めました」

次に、外からの視点で重視したのが、外装材としての色です。

「こだわったのは、空に溶け込む青みがかったグレー。微妙な色に調整ができる表面処理の優れた素材であることも選定条件でした。また、アルミ押出材の特長として、ミリ単位で複雑な形状に作れる精度も重要です。そこで、アルミユニットカーテンウォールに決定しました。天望デッキで1620ユニット、天望回廊で288ユニット使用しています」

東京スカイツリーは、最高峰の外装材を厳選して、アルミの実力が最大限に発揮されていました。

展望台外装材の主な選定条件

強度	ユニットのガラス面を大きくするため、強度を保ったままフレームを細くできる
精度	ユニット施工時の誤差を極力抑えるため、ミリ単位の精度で成形できる
表面処理	外壁の色を重視するため、ユニットの表面を均一な色調に加工できる



(上) 天望デッキのガラスをはめ込んだアルミカーテンウォールは、強度を保ちながらフレームを細くすることで、開放感と素晴らしい眺望が生まれた (右上) 安全面から展望台の外装材の施工は、塔体の内側から組み立てられた



(写真提供：大林組)



徹底した検査体制により ミリ単位の精度を追求



YKK AP ファサードグループ
プロジェクトマネジメント部

山田 充さん

アルミサッシをはじめ金属建築部材のエキスパートであるYKK APで、東京スカイツリーを担当した山田さんにお聞きしました。

——アルミユニットカーテンウォール採用時の規格面の条件はどのようなものでしたか？

特に重視したのが耐風圧性能でした。天望回廊は、風速毎秒100mを超える圧力に耐えるよう設計されています。

——製品の構造と特長はどのようなものですか？

アルミ押出材のフレームを地組し、その中にアルミパネルとガラスを組み込んだ2種類をユニット化しました。ガラスを組み込んだユニットのほうは、耐風圧性能を高めるにはフレ

ムを太くすればいいのですが、眺望を追求するには細くしなければなりません。せめぎ合う2つの要望に応えるため、強度計算を徹底して、試作や実験を何度も繰り返し、強度を保てるぎりぎりまで細くしています。

——特に工夫したのはどのような点ですか？

天望回廊は複雑な形状のため細心の注意を払い、精度を高めました。たとえば、成形加工の精度をより高めて、工場内の検査体制を徹底したり、施工時には位置決めレーザーを用いたりして、誤差を限りなくゼロに近づけました。

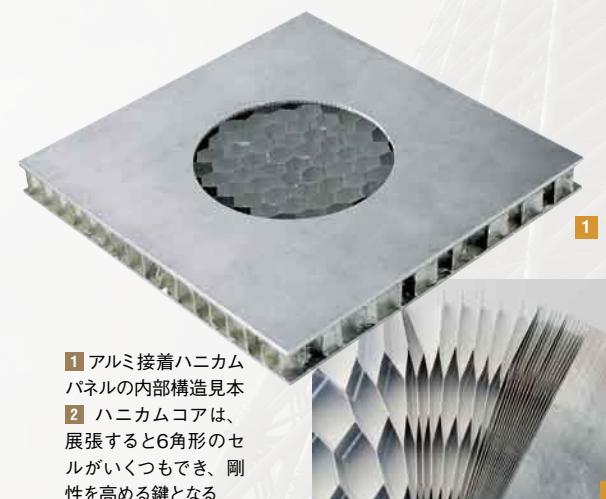
——建築資材としての将来性について、どのように考えていますか？

高層建築では、メンテナンスのしやすさも求められるため、錆びや腐食に強くて軽いアルミニウムは重要な役割を担っています。将来1000m級の高層建築物が生まれる時には、欠かせない建築資材になるだろうと予想しています。

1 天望回廊は、すり鉢状の外壁に沿って、勾配をつけて巻き付く形で配置されている

2 アルミユニットカーテンウォールの施工では、勾配に合わせて取り付けのため、高い施工技術を要した

3 施工時の誤差を最小限に留めるため、3次元測定できるレーザーで正確な位置を確認しながら施工していく



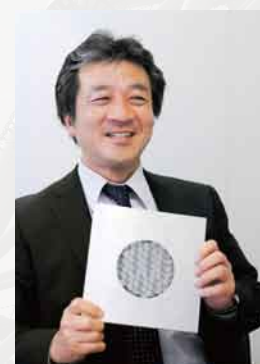
1 アルミ接着ハニカムパネルの内部構造見本

2 ハニカムコアは、展開すると六角形のセルがいくつもでき、剛性を高める鍵となる



(上) 塔体鉄骨内にあるシャフトの外装材に採用されたアルミ接着ハニカムパネルは、景観性や施工性に優れ、大型化しても高強度、高軽量、ハイフラットネスが保てる

世界屈指の接着技術と 止水性能の向上に挑戦



住軽日軽エンジニアリング
建築営業部長

尾北登志明さん

建築営業部 技術統括
清水良眞さん(写真)

日本におけるアルミハニカムパネルのトップメーカー、住軽日軽エンジニアリングで東京スカイツリーを担当した尾北登志明さんと清水良眞さんにお聞きしました。

——アルミ接着ハニカムパネル採用時の規格面の条件はどのようなものでしたか？

大型化が前提で、風圧、振動、日射など、すべての外力に耐えうる強度が第一条件でした。

——製品の構造と特長はどのようなものですか？

ハニカムコアと呼ばれるアルミ箔の芯材は、紙よりも薄い76μ(0.076mm)の六角形の集合体です。ハニカムパネルは、この芯材を上下2枚のアルミ面板ではさんで接着し

た構造で、全体の約97%が空気層の超軽量パネルです。一般に、高剛性化のため建築パネルの板厚を増やすと重量が増大しますが、ハニカムパネルなら高強度・超軽量を維持できます。

——特に工夫したのはどのような点ですか？

耐久性も重視されていたため、接着部分の強化を追求しました。弾性シリコーン接着剤を採用し、300年相当の疲労試験により、理論的には数万年の耐久性があるという結果も得られています。また、フレーム部分では、雨水により万一にも浸水しないよう何重もの止水構造を独自に採用しています。

——建築資材としての将来性について、どのように考えていますか？

建物の固定荷重を画的に軽減できることから、高層やパネルデザインの大規模化要求のあるビルなどに適しています。また、ハイフラットネスで梁や支柱が最小限ですむデザイン性を重視した建築物などへ用途が広がると期待しています。