

# Techno Scope

## 学校建築

### 鋼構造が変える

学校建築は、教育の変化や、学校を取り巻く時代の変化とともに、新たな機能が期待されるようになっていく。本来の目的である教育の場として、子どもたちの生活空間として、また地域の公共施設としても重要な役割を担っている。このような多様な機能や役割を支える学校建築には、多くの人が集まる建築物として優れた性能が求められる。今、鋼構造の特徴を活かした次世代学校建築の提案が、注目を集めている。これまで鋼構造は学校建築ではあまり採用されていなかったが、今後はさまざまな形で適用が進むものと期待が高まっている。

毎日多くの子どもたちが出入りするアリーナは鉄骨造の大架構で作られている(宮城県白石市立白石第二小学校 設計: 芦原太郎・北山恒設計共同事業体) (写真提供: 新建築社)

### 画一化された日本の学校建築

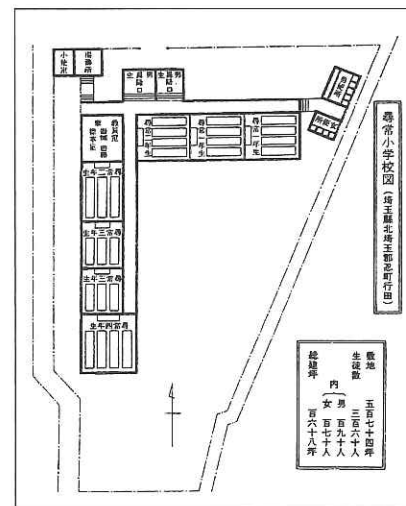
4月は、新入学の季節である。期待と不安でいっぱいの新入生たちに会うと、大人になった私たちが学校生活を懐かしく思い出す。大きな黒板や整列した机がある教室。教室の北には長い廊下。このような学校の形態が、実は明治時代から長く続いていることをご存知だろうか。

1872年、明治政府は日本の近代学校制度に関する最初法律である「学制」を公布した。その後日本各地で続々と学校が開校され、学制公布後わずか数年で、現在と匹敵する数の25,000の小学校が開校された。

1895年、「学校建築図説明及び設計大要」が発行され、この中で4間×5間(約7m×9m)の教室が図示された。また1901年の「校舎衛生上の利害調査報告」により、それまでの室内環境を改善し、採光や通風を確保する北側廊下南側教室の形態が取り入れられ、これにより、その後の学校建築の定型がほぼ完成した。

1923年に関東大震災が起り、これをきっかけに木造に比べ耐震性、耐火性に優れるRC造(鉄筋コンクリート造)が学校建

築に採用され始めた。第二次大戦後、戦災施設の復旧が進む中で、1947年「学校教育法」により、新制中学校の施設整備が急務となった。1949年「RC造校舎標準設計」がまとめられ、RC造校舎は、急増する児童生徒を受け入れる学校施設の量的整備という要請に応え、国や自治体の協力の下に進められた。



明治時代の標準設計図(埼玉県行田尋常小学校)

### 多様化、個性化の時代に対応する オープンスペース

1981年度には小学校児童数が頂点に達し、1986年度には中学校生徒数もまた頂点に達し、以後、児童生徒数は減少す

ることになった。このころから、それ以前のように学習、教育の画一性を図るのではなく、多様化、個性を重視する教育への転換を目指す意見が強まってきた。学校施設は量的整備から質的整備の時代へと移っていったといえる。

その中で注目されるようになったのがオープンスペースを取り入れた設計である。イギリスやアメリカでは、すでに1960年代から学級別の黒板中心の一斉授業ではなく、児童生徒一人一人の日々の状況に適合した学習が展開できることを目標にしたシステムが提案されるようになった。このため、画一的な教室を並べる設計ではなく、多様な学習方法を展開できる空間であるオープンスペースを取り入れた学校建築が生まれたのである。

日本では、1976年オープンスペースを持つ学校が初めて建設され、1982年には「多目的スペースの整備」を対象とした補助金制度が導入され、多くの学校建築に普及するようになった。

1988年、当時の文部省は「教育方法等の多様化に対応した学校施設の在り方について」をまとめたが、この中で、今後の学校施設が満足すべき要件を4つ挙げている。第1に多様な学習活動に対応できるシステムと環境の整備、第2に快適で豊かな生活環境の整備、第3に情報化への対応、第4に地域における生涯学習のための開かれた場となること、である。

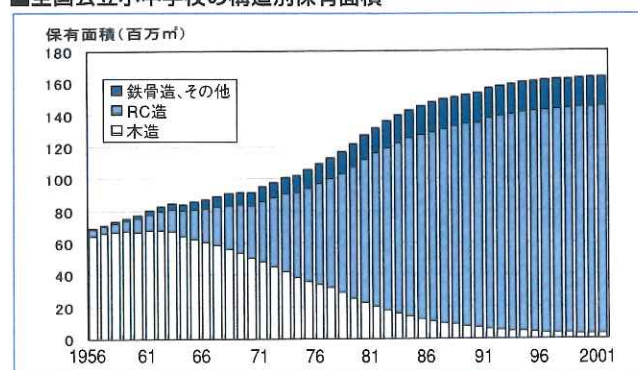
1987年臨時教育審議会の教育改革の提言において、学校における省資源・省エネルギーを取り入れた建築や施設のあり方が取り上げられ、1997年度年には「エコスクール」という名称で大きなテーマとして設定されることになった。エコスクールは、健康で快適な学習生活空間、周辺環境との調和、環境負荷の低減、施設の長寿命化などを図ろうとするものである。

最近では、少子化の傾向に対応して学校の統廃合や、幼稚園や小・中学校など学校同士の併設、他の公共施設との複合化、土地の有効活用のための高層化などの変化が見られる。また2002年度より学校5日制が導入されたこともあり、地域の生涯学習の場として、学校施設の活用が進んでいる。さらに、地域社会の核でもある学校は、災害時には地域住民の避難場所、防災拠点、備蓄基地としての役割も期待されている。

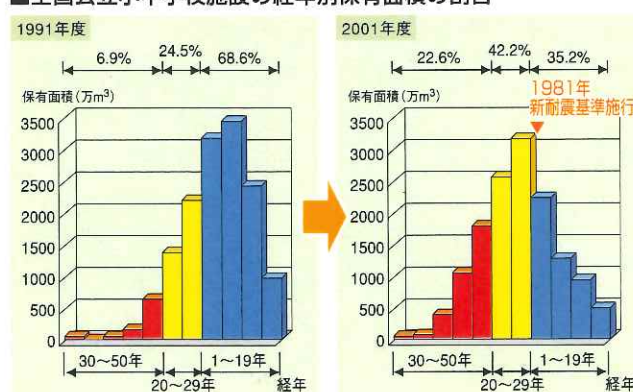
## 急務となる耐震性能の改善

2001年現在、全国の公立小中学校数は約3万4千校で、約1.6億 $\text{m}^2$ の延床面積を保有している。これを経年別保有面積の割合で見ると、建築後30年以上の面積が占める割合は1991年6.9%から10年後の2001年は22.6%と3倍強に増加し、老朽化が進んでいることがわかる。現在と同様な毎年の事業ペースが継続されるとすると、2008年には建築後30年以上の校舎が全

■全国公立小中学校の構造別保有面積



■全国公立小中学校施設の経年別保有面積の割合



経年別に20年未満を青、20~30年未満を黄、30年以上を赤とした。2001年度には黄、赤の割合が急増し、老朽化が進んでいる。(文部科学省資料より)

体の約50%に達するという試算もある。これは、1960~70年代の児童生徒の急増期に建設された校舎が一斉に老朽化するからである。

日本の非木造建築(RC造、鉄骨造\*1など)は、建築基準法改正による耐震基準の大きな改定が1971年と1981年(新耐震設計法\*2)の2回にわたってなされている。したがって、1971年以前と1981年以降、及びその中間において、建物の耐震強度には大きな差が現存する。公立小中学校の場合、非木造の合計延床面積の約22.6%が1971年以前に建設され、約42.2%が1971年と1981年の間に建設されており、これらの建築の耐震強度は現行基準には合致しない。このため、これらの建築の耐震診断を早急に実施し、必要に応じて耐震補強を施すことが重要である。

1995年の阪神・淡路大震災後のRC造校舎の被害状況(日本建築学会調査)によれば、1971年以前に建設された校舎には倒壊・大破などの被害が多く見られた。この後、1995年12月に「建築物の耐震改修促進に関する法律」が施行され、多数の者が利用する建物(学校、病院、劇場、百貨店など)には、耐震診断及び耐震改修を実施するよう努力することが定められた。しかし、実際には、1981年以前に建てられた学校建築のうち、

\*1:本稿では「鋼構造」と「鉄骨造」を同義語として使用している。

\*2:新耐震設計法は、中小地震に対しては、地震により骨組の各部材に生じる応力度を鋼材の弾性範囲内に収めるという従来の許容応力度設計(一次設計)に加え、極大地震に対しては鋼材の塑性化後の変形能力を活用して地震入力エネルギーを吸収させ、建築物の倒壊を防止し、人命を保全する(二次設計)という2段階の設計法である。

耐震診断を実施したものは2003年度で35% (学校施設のリモデルプラン全国研修会文部科学省テキストより) にすぎず、耐震化の取り組みが遅れている。

このような経緯から、学校建築の耐震補強は大きな課題となっている。文部科学省では、市町村などの計画的な耐震診断の実施や、その結果を元にした改築・補強を推進していくこととしている。またこの機会に、従来画一的だった学校施設が、時代や社会の要請に応えた個性や特色を持った多様な学校施設に生まれ変わる好機ともなる、としている (2002年度文部科学白書より)。

## 鋼構造の特徴と使用される鉄鋼材料

鋼構造は、耐震性に優れる、大スパン化により内部空間を自由に活用できる、強度が高いため柱や梁などの部材断面が小さく新しいデザインや表現が可能、短工期、品質安定、リサイクルによる環境負荷低減が可能、など、多くの特徴を持っている (下表参照)。

現在、鋼構造は木造と同様我が国の建築着工床面積2億 $m^3$ の約35%を占め、20%のRC造に比べはるかに大きい割合を占めており、オフィスや商業施設、工場・倉庫に至るまであらゆる用途に広く採用されている。また鋼構造建築にはさまざまな鉄鋼材料が使用されている。このうち、耐火鋼は高温時における強度を保証した鉄鋼材料で、学校建築の中ではオープンスペースや体育館などの柱や梁を始めとし、特にデザイン性の高い部分への適用が期待される材料である。一般の鉄鋼材料は、400℃では室温下での強度の約3分の2に低下し、柱や梁には耐火被覆が必要になる。これに対し耐火鋼では、耐熱性を向上させる合金元素 (クロム、モリブデンなど) を添加することにより、

### ■学校施設に適した鋼構造の特徴

#### 地震や災害に強い建物

- 耐震性に優れ、防災拠点や備蓄基地としても活用可能
- 耐火鋼により、火災に強い建物が可能
- CFT柱やダンパー鋼材により、揺れの少ない居住性を高めた建物を実現

#### フレキシブルな空間の創造

- 柱のない大空間が可能のため、将来の用途変更にも柔軟に対応
- 壁のない、間口の大きな構造が可能
- 可動・移動の間仕切りにより、部屋の自由なレイアウトが可能

#### 豊かなデザイン性

- 鉄は強度が高く、柱・梁が細い軽快なデザインが可能
- 加工性が良く、曲線などの表現が容易
- 木・ガラス・金・石などの素材とマッチした新しい建築表現が可能

#### 工業化による品質安定・短工期

- 工場生産され、建築現場での作業が少なく、高度な技術・熟練を要せずに品質安定
- 加工性に優れ短工期のため、仮設校舎への移転期間の短縮が可能

#### 地球環境に優しい素材

- 分解・再組立により繰返し再利用され、省資源化が可能
- 耐久性向上による環境負荷軽減
- リサイクルされ建設廃材がなく、サステナブルな建材

((社)日本鉄鋼連盟資料より)

600℃で室温強度の3分の2を保証しており、耐火被覆を薄くしたり、場合によっては使用しないで済むようになっている。

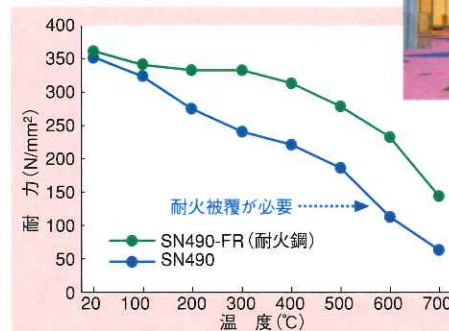
またプール上屋には耐候性に優れたステンレス鋼の採用も期待できる。このほか、CFT (コンクリート充填鋼管) 柱や、低降伏点鋼を用いたダンパーなどの採用により、耐震性能の向上を図る技術も普及している。

実は昭和20年代後半から30年代にかけて、鋼構造校舎の実現に向け設計計画の研究などが行われ、1954年には鋼構造校舎のJIS化も行われた。しかし、当時は鋼構造の技術レベルも低く、木造校舎の不燃化という大きな掛け声により我が国の学校校舎のRC造化が急速に進んだ。

しかしながら昭和30年代に比べ現在では、高層建築や大空間建築に鋼構造が適用されるのは一般的で、事務所建築など中小建築物にも鋼構造が普及し、鉄骨製作や施工に関わる技術も大きく進歩しており、性能において問題はないことは周知の事実である。

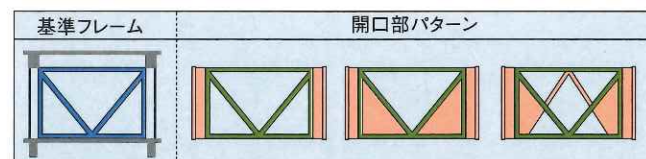
そこで、(社)日本鉄鋼連盟では、鋼構造の良さを活かした学校施設の整備・促進のための調査・研究を実施し、21世紀における学校施設の提案とその認知活動を目的とした活動を開始した。

### ■耐火鋼の温度特性



耐火鋼は耐火被覆を削減、または低減できるので、柱や梁のシャープなデザインが可能となる。(上) 耐火鋼を使用した大空間の例 (亀岡市生涯学習センター) ((社)日本鉄鋼連盟資料より)

### ■鉄骨ブレースによる耐震性能の向上



(上) 低降伏点鋼を用いた外付け鉄骨ブレースによる建築の例。(下) 鉄骨ブレースによる既存校舎の補強例 (桁行方向4500mmスパンの場合)。補強部形状を生かしたデザイン効果も期待できる。((社)日本鉄鋼連盟資料より)

## 耐震補強と新たなニーズに応える鋼構造

2001年、(社)日本鋼構造協会において、(社)日本鉄鋼連盟からの委託研究「鋼構造による学校施設研究委員会(委員長:長倉康彦東京都立大学名誉教授)」が開始された。研究テーマは、①耐震補強が必要な既存RC造校舎の鋼構造による21世紀型リモデル(増改築)計画、②複合化、高層化、オープン化など鋼構造のよさを活かした学校施設計画、の2点である。

同研究委員会では第1次検討として、北側片廊下にて代表される典型的な既存RC造校舎をモデルとし、必要な耐震補強を実施すると同時に、多目的スペースの設置や高度情報化社会に適応した施設整備などのニーズに対応したケーススタディを行い、リモデル計画の提案をまとめた。耐震性・採光・均斉度等の面から複数のケーススタディを行った結果、代表的な4つのプランが提案されている。

提案の中には、例えば既存校舎の南側に増築し、増築部分を分散型多目的スペースとする計画(タイプⅠ)や、既存校舎の北側に増築し、3教室分の分散型多目的スペースを配置する計画(タイプⅡ)などがある。

タイプⅢの計画では、工事後の柱、梁の安全性を確保する前提で、既存の耐震壁を撤去することが検討された。また大スパン

化が可能であるという鋼構造の特徴を生かして、増築した多目的スペース内部を無柱空間になるような計画(タイプⅣ)も検討された。これにより、杭、基礎の工事量を低減することが期待できる。

既存校舎部分には、鉄骨ブレース(筋交い)による耐震補強を行うが、このとき鉄骨ブレースの補強形状を工夫することにより、各種の開口部パターンを採用することができ、デザイン的な効果を生み出すことが期待できる。

学校建築のリモデルを行う場合、RC造に比べ鉄骨造では工事期間が短くてすむという利点がある。工事は、既存校舎の一部解体、増築、既存校舎の一部改修、という工程で行われるが、学校建築の場合、教育活動への支障や近隣への影響が少ないよう、長期休暇となる夏休みなどを利用する場合が多い。同研究での工程比較では、RC造の場合、躯体と外壁のコンクリート打ちとその養生に約2カ月が必要であり、工事終了までに約4カ月がかかる。これに対し、鉄骨造では3カ月以内で終了する。これは、鉄骨造では工場生産による部材を現場組立する方式のためであり、工期短縮と同時に部材品質の安定を図れる効果がある。

2001年度に開始した同研究委員会の活動は、2002年度に第1次検討を終えた。第2次検討では、体育館やサニタリーコア(トイレ)のリモデルなど、多様なニーズに応えた提案を行なっている。

### ■増築形態ごとのリモデル計画の提案



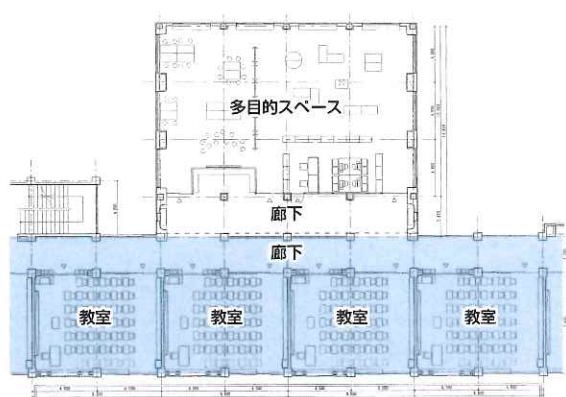
タイプⅠ (分散多目的スペース、南増築型)



タイプⅢ (分散多目的スペースと入れ替えの教室、南増築型)



タイプⅡ (分散多目的スペース、北増築型)



タイプⅣ (集約多目的スペース、北増築型)

既存校舎(青色の部分)に増築を行う場合の提案の例。鋼構造による大スパン空間を生かし、教室と多目的スペースの一体化が図られている。((社)日本鉄鋼連盟資料より)

## 鋼構造が可能にした広がりのある空間—滋賀県・伴谷東小学校

滋賀県の南部にある水口町立伴谷東小学校は、2003年4月に開校した新設校である。同校は、小学校としてはこれまであまり例がない鋼構造を採用している。鋼構造を採用した理由は、造成直後の地盤に建設するため軽量の鋼構造が適している、躯体工事が短期間で済む、大スパン空間を作ることができ内部レイアウトの変更が容易、などである。特に水口町では、今後人口の増加が予想され、児童数の増加や授業形態の変更などにも対応できるような設計が求められていた。

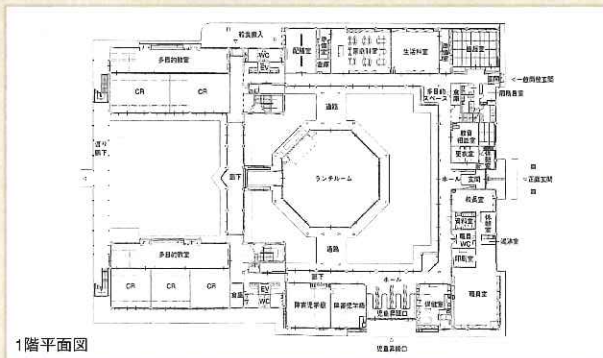
校舎は、中央にランチルームが配置され、その周囲を普通教室棟と特別教室棟が囲むように配置されている。それぞれの棟は渡り廊下で一体となり、廊下は行き止まりがない回廊型である。普通教室棟は、階ごとに3教室とオープンスペースで構成されるが、内部には柱が1本もない。教室は、可動間仕切りで区切られており、必要に応じて間仕切りを取り外し、多様な学習に対応できる。移動は、教師2人で簡単に行うことができ、学年での催しなどで年に2〜3回間取りを変えるという。もちろん音や振動などの問題もない。

水口町はISO14001を取得しており、同校の設計時には環境への配慮が求められた。そこで校内には、太陽光発電、雨水利用、ビオトープなどが設置され、積極的な取り組みがうかがえる。また壁や間仕切りなど内装には地産産の間伐材を利用し、温かみのある空間を作り出している。地域に開かれた学校を目指し、だれでも利用できるようスロープやエレベータを設置するなど、バリアフリー設計も取り入れている。鋼構造に使用される鉄鋼材料は、耐久性に優れ、リサイクルによる再資源化が可能であり、同校の環境に対する取り組みとも合致している。

子どもたちからは「広々としていて気持ちがいい」「地域の人が利



(上) 普通教室棟のオープンスペース。教室は、可動間仕切りで仕切られている。(左) ランチルームはガラス窓に囲まれた無柱空間で、160人の子どもたちがいっしょに食事をすることができる。(設計監理：(株)片淵建築事務所)



1階平面図

用しやすい」などの感想もある。また冬季には、風の吹き抜ける廊下がないため暖房効率がよく、子どもたちが風邪にかかりにくい、という利点も生まれた。

鋼構造建築の特徴である大スパン建築を活かし、今後同校がどのように活用されていくのか楽しみである。

●取材、写真協力 水口町立伴谷東小学校、(株)片淵建築事務所



中学校と高齢者施設を複合化した例(東京都中央区晴海中学校、設計：(株)日建設計)



鉄骨を生かした回廊によりスケール感のある空間が生まれた(早稲田実業学校、設計：新日本製鐵(株))

## 変化を続ける学校建築に柔軟に対応

少子化の傾向の一方で、多目的スペース作りや1学級生徒数を減らすなどの点から、学校の数や教室の数はそれほど減少していない。体育館では、地域開放などの要求から、基準面積は増えており、むしろ旧来の面積では不足しているというのが現状である。

鋼構造は、柱のない大空間を実現できるため空間の自由度が高く、さらに将来的に用途が変更となった場合にも対応が容易であり、学校内の空間の可能性を広げるという大きな特徴を持っている。また、鋼構造は乾式工法であり、木、ガラス、コンクリートなど他材料との組合せが可能で、これにより多様な表現を生み出す可能性を持っている。

新しい時代の学校建築を考えると、「柔軟性」は重要なキーワードの1つである。学校に集う多くの人々や地域社会が期待し、要請する学校の形は、年月とともに変化していくことだろう。このような要請に柔軟に対応できることこそ、鋼構造の最大の特徴だといえるのではないだろうか。

●取材協力 (社)日本鉄鋼連盟・次世代学校施設委員会

●取材・文 杉山香里