



冷涼な空間は特別教室と接続する地域住民が集うオープンスペースとなる



仙台市の戦略に基づいた緑化強化地域となる

久遠の記憶 - 紡ぐ都市の原風景 -

01. 失われゆく記憶「四谷用水」

かつて仙台城下町を流れ「杜の都仙台」を形成した近代化遺産「四谷用水」。生活の一部として人々に溶け込んでいた用水は、今では本流を除いた大部分が暗渠となり人々の記憶から消えかかっている。仙台市は「杜の都」として周知されているが、その認知は定評通りの並木道を象徴とする断片的なものに過ぎず、俯瞰して見ると仙台市は日本にありふれた都市ではない。本設計では小学校という学びの場に仙台市の特性を形成していた四谷用水の復興と建築空間の関係性を計画することにより、四谷用水の記憶が後世にまで引き継がれることを目的とする。本敷地は四谷用水本流に近接、またかつての第二支流に隣接しているため四谷用水との関係が深い敷地と言える。また仙台市中心市街地と周辺市街地の境界に位置しており交通量の多い敷地である。人通りも多く、現在文化施設が併設されており、「水の都」仙台の周知と人々の交流のためのHabのような役割も期待できる。



江戸時代の四谷用水流路図

02. 復興する「水の都仙台」



現実に現存する本流から管渠を直筒に設けるのは困難である。よって本提案では直接導水するのではなく四谷用水が果たしていた役割の枠組みを捉え、新たな技術を投入して現代版の水環境として復興を行う。上図から「インフラの負担を軽減する水循環システムとして役割」「生態系の集合地点としての役割」の2つを四谷用水の主たる役割と捉える。前者では水循環の中で「浸透・蒸発」などの自然に対する水の振る舞い、「氧化熱・放射冷房」などの環境に対する振る舞い、「中水・災害時利用」などを雨水貯水を元来实现することでインフラ負担を軽減する現代的なシステムの構築を行う。後者は人間、植物、虫、鳥などが快適に共存する緑・水系と、そこから緩やかに繋がる地域の結節点としての空間を構築する。

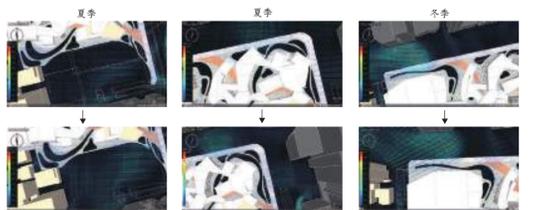
03. 敷地分析と植栽配置検討

敷地分析から環境特性を読み取り、基本ボリュームと通風の計画を立てる。また通風計画に適合する、既存植生を生かした植栽計画を行う。



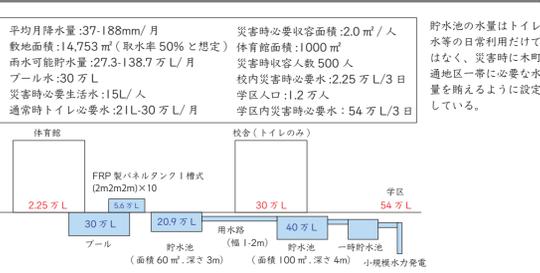
夏季は南面建物からの吹き下ろしによる南西からの通風を主と考え、これを取り込む計画を行う。南東からの風は大通りを通り汚染物質を多く含んでいると考えられるため植栽によって防ぐ計画を行う。

冬季は北面建物からの吹き下ろしにより強風が敷地内に流入してくるため、これを防ぐ植栽計画を行う。



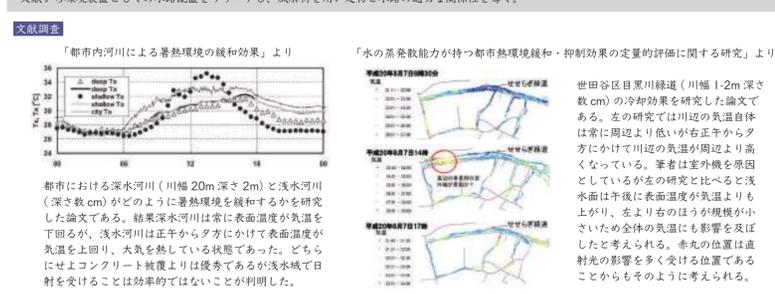
植栽により敷地内の通風は変化するため最初に効率的な植栽配置を検討した。初期計画では根拠を持った植栽計画がなされていない。対象敷地は木町通り小学校敷地と北三番町公園の複合敷地であるため、公園の既存の植栽をどのように利用するかが問題である。植栽計画は上記分析に適合させつつ「仙台市生物多様性地域戦略」に基づき行う。詳しくは平面図に記載する。

04. 貯水量計算



05. 水路配置と建物通風検討 (気化の環境利用)

文献から環境装置としての水路配置をリサーチし、風解析を用い建物と水路の適切な関係性を導く。



配置検討



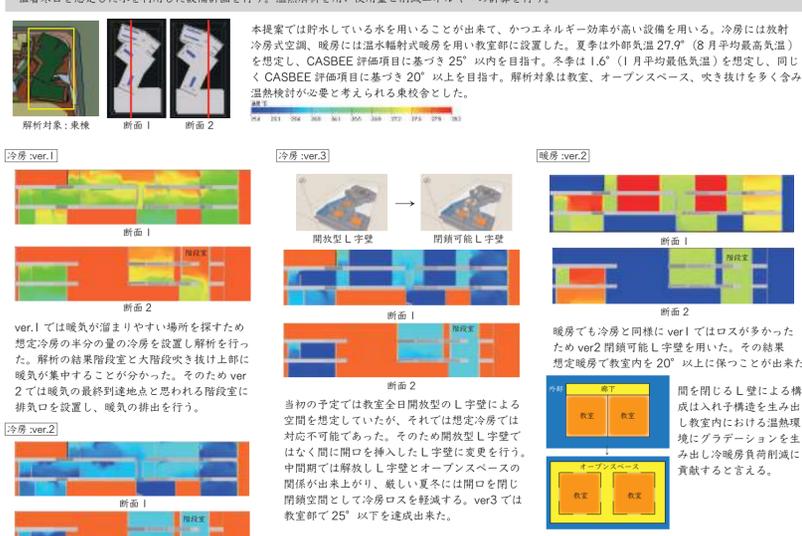
初期設計では自然換気を行えない部分が多々存在した。校舎の通風の改善と水路との関係性に根拠を持たせるために風解析を用いた大幅な建築・水路配置変更を行う。

ver.4では適切と思われる配置を導くことが出来た。南西からの吹き下ろしの風を十分確保すると共に用水によって冷やされた空気が太陽段展示室等の吹き抜けを経由して上部にも流れるような通風計画が完成した。しかし体育館館内においては通風を改善することが出来ていないのでver.5で完全を行う。

最終案では体育館の向きを横向きに変更した。その結果夏季の通風を確保すると共に冬の卓越風を防ぐ効果も確認することが出来た。

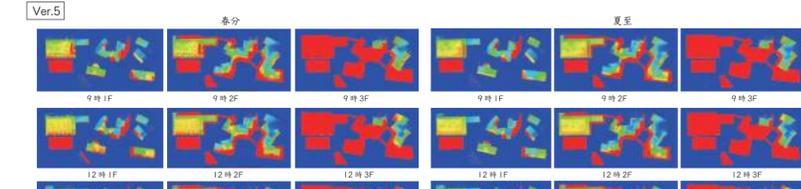
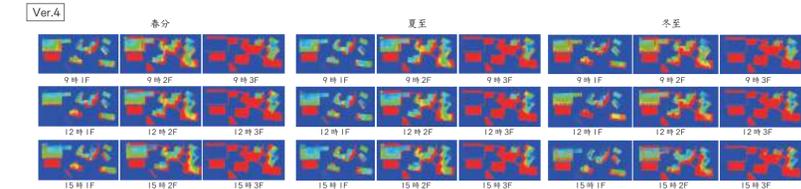
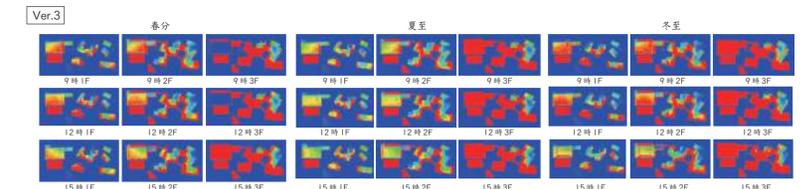
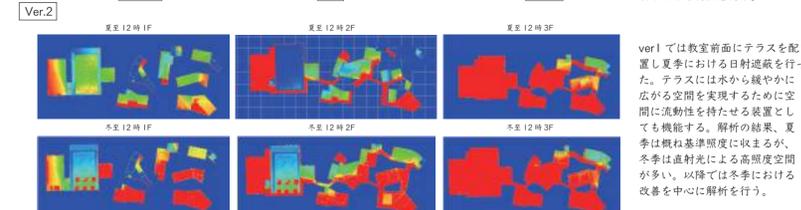
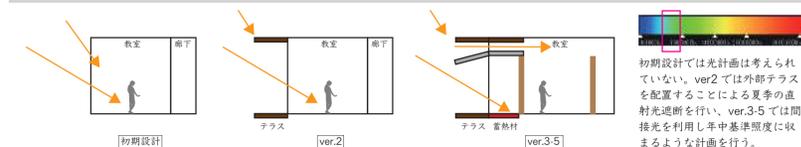
06. 水を利用した効率的な設備計画とエネルギー計算

酷暑寒日を想定した水を利用した設備計画を行う。温熱解析を用い使用量と削減エネルギーの計算を行う。



07. 昼光利用計画とエネルギー計算

光ダクト利用を中心とする反射光利用による照明負荷削減計画を行う。小学校教室の基準照度 500-750 Lx に収まるような自然光の計画を行う。



初期設計では光計画は考えられていない。ver2では外部テラスを配置することによる夏季の直射光遮断を行い、ver3-5では間接光を利用し年中基準照度に収まるような計画を行う。

ver1では教室前面にテラスを配置し夏季における直射遮断を行った。テラスには水から緩やかに広がる空間を実現するために空間に流動性を持たせる装置としても機能する。解析の結果、夏季は概ね基準照度に収まるが、冬季は直射光による高照度空間が多い。以降では冬季における改善を中心に解析を行う。

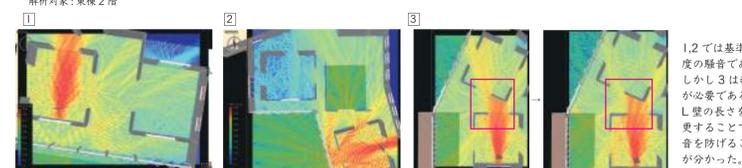
ver3からver5まではテラス形状、光ダクト形状、設置位置などの変更を行い改善を目指した。また冬季の高照度部分には熱線吸収ペアガラスを用いている。その結果、春分、夏至、秋分においては3つの時間帯において、全教室概ね基準照度に収まるよう計画することが出来た。また冬季においても一部で高照度空間が見られるが、前面に中間領域を設けることによって初期案に比べると大幅に改善することが出来た。校舎北東部に関しては光を獲得しづらいため理科室、視聴覚室、PC室など直射日光を嫌う教室群を配置している。総じて全季節の全時間帯において自然光のみで基準照度を満たす採光計画を行うことが出来たため、照明エネルギー負荷削減が期待できる。

詳しい計算は説明パネルに記述するが解析結果を元に教室ごとに人口照明必要時間を導き、照明エネルギー消費を計算すると、仙台市の小学校の年間照明消費エネルギーから45%削減することが出来た。



08. 音響解析を主とするオープンスペース計画

音響解析を用い授業音の他教室への影響を予測し改善を行う。また音響、風、光解析の結果から特色のあるオープンスペースを計画する。



オープンスペース計画 各ゾーンにおいて全ての教室から音を出した時の特性を元にオープンスペースを計画する。



09.CASBEE 評価 S ランクを達成するゼロエネルギー学校計画

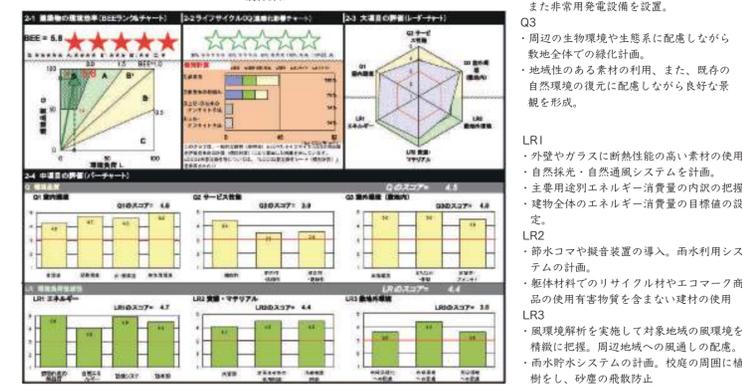
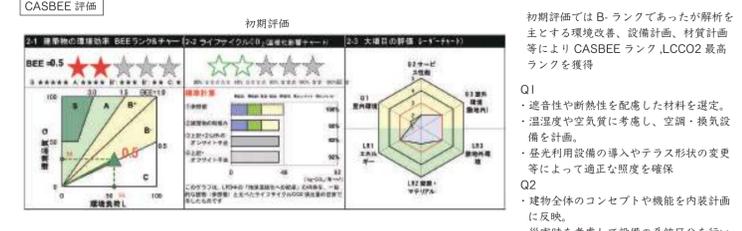
これまでのエネルギー削減計画と太陽発電計画によるゼロエネルギー学校化を行う。

太陽発電計画

本提案と同面積の仙台市の小学校の消費電力は (242MJ/m²・年 × 7162m²)/9.76=177582kWh/年
 仙台市の小学校の消費電力内訳は暖房 23%/冷房 7%/照明 33%/換気 17%/コンセント 12%/給湯 2%/その他 /6%
 つまり本提案と同面積の仙台市の小学校の消費電力内訳は・冷房 12431kWh/年・暖房 40844kWh/年・照明 58602kWh/年
 これまでの解析結果に基づく計算により本提案の消費電力は、冷房 9720kWh/年 (-22%削減)・暖房 26100kWh/年 (-36%削減)・照明 311996kWh/年 (45%削減)

つまり削減後の消費電力 133521kWh/年を補う太陽発電設備設置によりゼロエネルギー学校化を実現出来る。
 太陽発電設備設置場所を体育館屋根し、各種設定を傾斜角 30°/方位角南/年間日射量 3.85kWh/m²/年/損失係数 0.73/屋根面積合計 1050m²
 設置容量 132kW にすると合計発電量 135410kWh/年となり、ゼロエネルギー学校化を実現することが出来る。

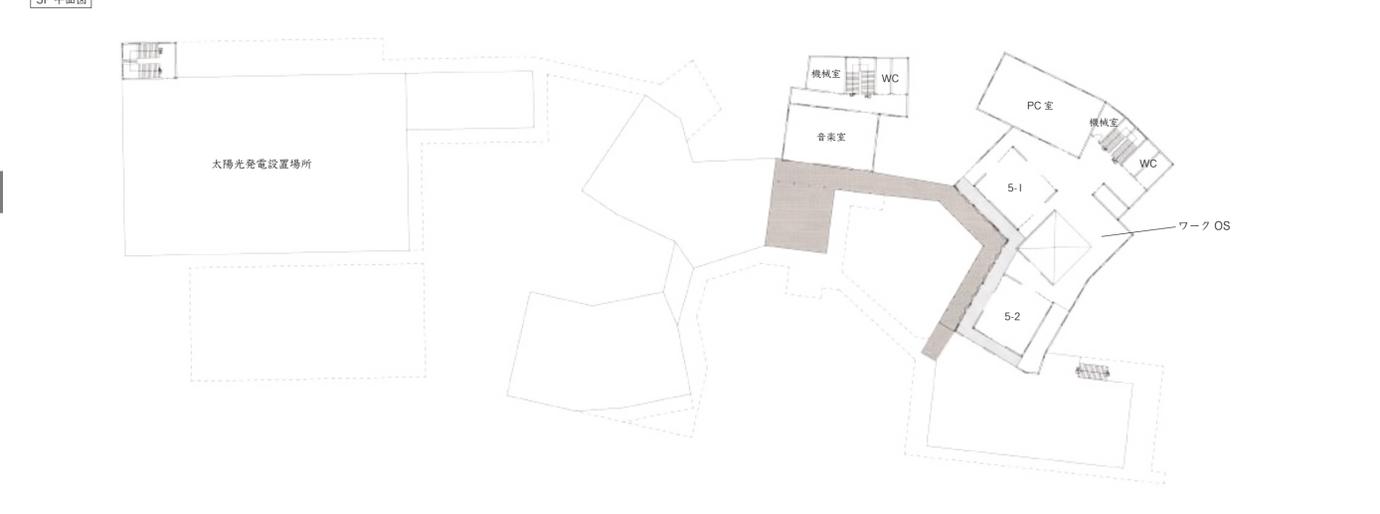
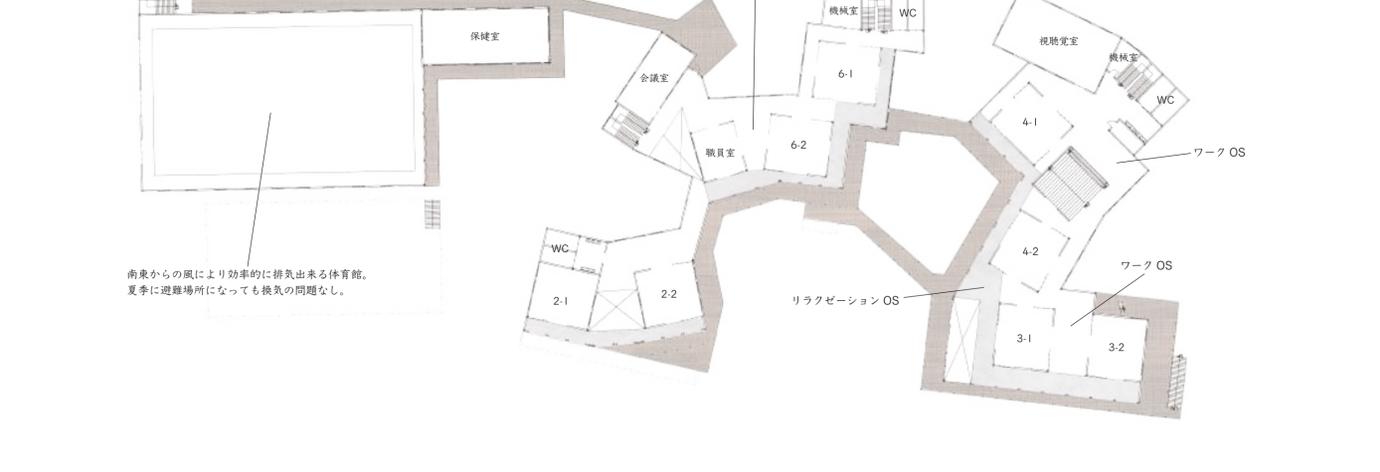
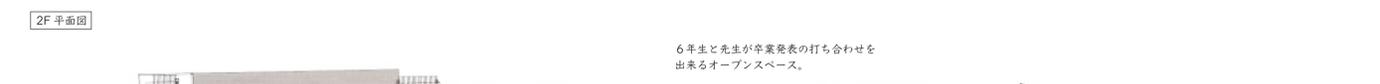
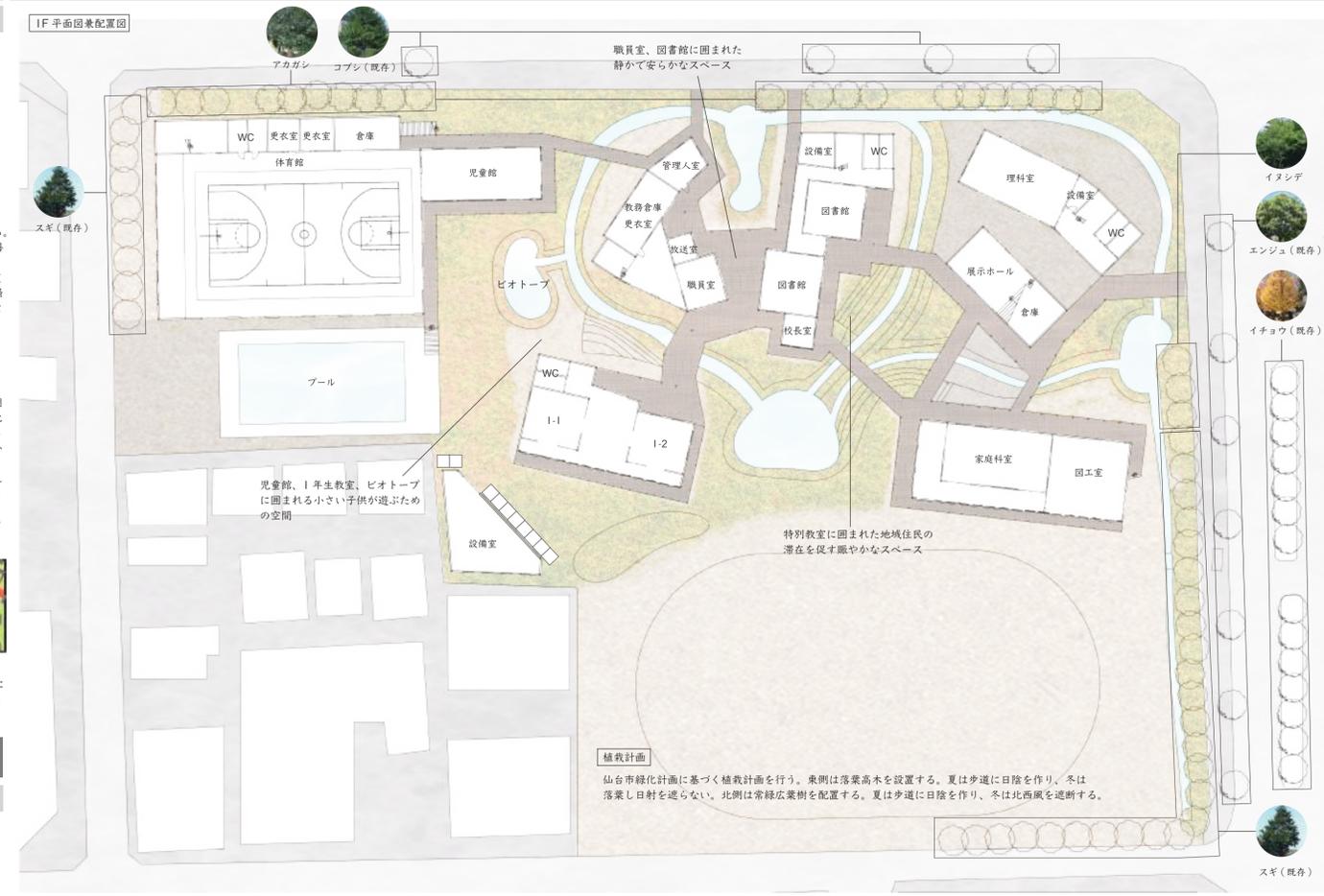
また太陽発電による CO2 削減量は 64.2t であり CASBEE 評価の LLCO2 の評価で最高ランクを獲得することが出来る。



11. 久遠の記憶：これからの子供達へ



10. 平面図 (1/100) ①



説明パネル

■課題内容

●建築環境デザイン・建築環境性能評価論

この作品は、東北大学における建築環境デザイン、同大学院の建築環境性能評価論という講義を通して設計した。この講義では、デザイン系の学生が過去の設計課題で設計した作品を、環境系の学生とグループを組んで、風、光、温熱環境等の環境的配慮をしながらブラッシュアップするものである。建築環境デザインは学部4年、建築環境性能評価論は大学院1年次の講義であり、専門分野や学年を越えたグループワークとなる。また、環境改善の評価として、一般社団法人日本サステナブル建築境界開発の「CASBEE」を用いることもこの講義の特徴である。「CASBEE」に関する講義や最終講評では開発者の伊香賀俊治教授にもご出講頂いた。

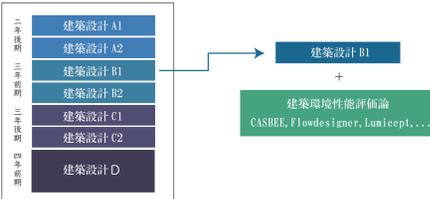
●作品選定 ー 学部三年次設計課題「SOS School (Sustainable Open School)」

ブラッシュアップする作品として選んだのは、「SOS School (Sustainable Open School)」というテーマのもと、仙台市木町通小学校の敷地に地域開放型小学校と公園を設計するという、学部3年次の設計課題である。

人口減少時代に入ってきた今日では、大都市においても小中学校の統廃合は加速する。下に示す3つのキーワードを考慮して、このような社会の状況だこそあるべき小学校の設計が求められた。

- ① Synbol School 「地域の絆としての小学校」 … コミュニティが多様化する中で地域における小学校のあり方を再考し、その有用性・可能性を最大化する提案を求める。
- ② Open space School 「内外に開かれた空間を持つ小学校」 … 物理的な水準での解放にとどまらず、児童や地域住民の固定的な活動を解放する次世代型の小学校建築の提案を求める。
- ③ Sustainable School 「平時省エネ・防災時避難場所としての小学校」 … 災害時の備えと平時の利用が両立する、しなやかに弾性力のある施設計画の提案を求める。

学部三年時での設計において、仙台南下町を形成した近代化遺産「四谷用水」の役割を復興することによる、歴史復興と教育、環境教育をコンセプトとして設計を行なった。今回、建築環境デザイン・建築環境性能評価の課題においては、この課題を当初のコンセプトを維持しつつ、環境的側面からブラッシュアップすることで、本来「SOS School」で求められた3つのキーワードをさらに補充し、環境的側面と一体的に考えることが出来ると考えた。



■メンバー



齋藤 淳
東北大学大学院
都市・建築学専攻
プロジェクトデザイン学分野所属
修士1年
担当：設計統括



齋藤 淳
東北大学大学院
都市・建築学専攻
サステナブル環境構成学分野所属
修士1年
担当：温熱環境解析



松橋 佳菜未
東北大学大学院
都市・建築学専攻
居住環境設計学分野所属
修士1年
担当：光環境解析



阿部 匡平
東北大学工学部
建築・社会環境学科
地域環境計画学分野所属
学部4年
担当：音響環境解析



鎌田 脩平
東北大学工学部
建築・社会環境学科
地域環境計画学分野所属
学部4年
担当：風環境解析

■風環境 FlowDesigner

敷地内及びその周辺の風環境を確認するために速度場定常解析を行った。また、敷地が元々持つ風の性質を把握するために更地の場合での解析も行った。これにより建物の配置や形状を検討した。

- ・解析条件
ソフトウェア：FlowDesigner
- ・解析領域 [m]
160(x)×180(y)×28(z)
- ・外気条件
観測地点：仙台管区気象台(緯度38度 15.7分/経度140度53.8分)
外気条件は仙台の8月及び1月の気象条件とし、直射熱量等は日射積算解析より算出して与えた。
窓面を発生パネルとして外部からの熱流入を考慮。
Low-e ガラス熱貫流率:1.6W/m²・K
- ・設備設定
冷暖房設備も発生パネルとして放射冷暖房を再現。
- ・放射冷房：表面温度22℃ 熱伝達率5W/m²・K
- ・床暖房：表面温度25℃ 熱伝達率5W/m²・K

■温熱環境 FlowDesigner

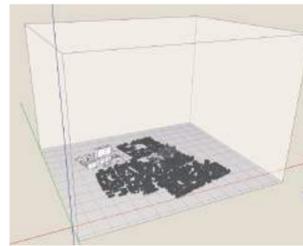
- ・解析条件
ソフトウェア：FlowDesigner
- ・解析領域 [m]
160(x)×180(y)×28(z)
- ・吸音率設定
天井 0.5/床 0.1
廊下の壁 0.8/本棚 0.5
L字壁 内 0.2/外 0.8
吸音率0.8は有孔ケイカル板*6-6φ
-15-28+グラスウール*50mm-32kg/m²の仕様で達成する。
- ・音源設定
音圧レベル60dB(1m×3mの面音源)
Z1,Z2:600Hz、Z3:500Hz
- ・メッシュ最大間隔;Z1,Z2=0.057m、Z3=0.068m

■音環境 FlowDesigner

建築内の音響計画のために音響解析を行った。提案音の予測改善、オープンスペース計画に利用した。

■光環境解析 Lumicept

今回、光解析を行うにあたって「Lumicept (ルミセプト)」を使用した。Lumiceptとは、空間内における光の挙動を再現し、また光の分布や電波を把握するために使用されるハイブリッド光シミュレーション・ソフトウェアである。このLumiceptを導入することで、照明機器や光学部材、建築部材など、光による効果が重要な役割を担う空間の設計において、試作することなくその光り方や見映えを評価することが可能となる。直射光と天空光を設定し、年間の光環境を検証するため、太陽高度が異なる春分(3月21日)・夏至(6月21日)・冬至(12月22日)の正午で解析を行った。



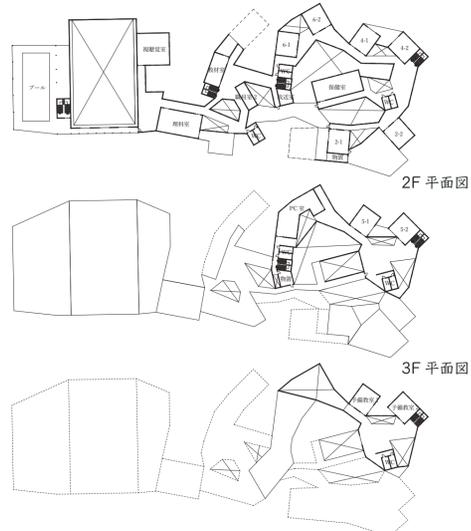
項目	値	備考
解析領域	160m x 180m x 28m	
メッシュ	最大間隔: 0.057m (Z1,Z2), 0.068m (Z3)	
計算時間	約 10分	
メモリ使用量	約 2GB	

小学校照度基準

■初期設計図面 (1/1200) ①



1F 平面図



4F 平面図



俯瞰パース (南西から)



俯瞰パース (南東から)



初期設計ではGLから屋上までを含めた立体公園として都市の中に位置付けた。用水は四谷用水本流から無理やり敷地内に導水している。建築形態としては水路と建築の配置に根拠がなく、また地元住民も使うオープンスクールとしての境界の操作が曖昧になっている。また環境教育や歴史教育などの具体的なプログラムも定まっていない。

■仙台市小学校基準消費電力

仙台市の小学校消費電力を参考に全体の消費電力、内訳を概算する。
全体の消費電力
242MJ/m²・年 × 7162m² ÷ 9.76 = 177582kWh/年
これから、仙台のエネルギー消費量の内訳を用いて、冷房、暖房、照明の一年あたりのエネルギー量を算出。
冷房：12431kWh/年 暖房：40844kWh/年 照明：58602kWh/年

■温水式床暖房

床暖房サイトを参考に概算を行った。以下に参考サイトの情報と本設計に調整後のデータを記す。
参考値：10畳間 一日8時間連続運転 30日運転 ⇒ 145 [kWh/月]
↓×76×0.8※ ↓×1 ↓×3
概算値：1400m² 8時間連続運転 90日運転 ⇒ 26709 [kWh/年]
※特別教室等で使わない時間を面積で考慮。(床暖房設定温度25°)

■放射冷房消費電力

放射冷房における消費電力は、放射パネルに冷媒を送る①ポンプによるものと、冷媒を冷やす②チラーによるものがある。
①ポンプ
つくばみらい技術センターの事例と参考にし同様の出力を行う。つくばみらい技術センターは放射パネルの総面積が77.7m²であり、本設計の必要面積(700m²)は約9倍に当たる。この事例ではポンプに1日当たり2 [kWh]は使われている。これらと、冷房実施日を30日として(気象庁データより30°Cを超える日数。ただし夏休みを除く)計算した。
2 × 9 × 1.5 × 30 = 810 [kWh/年]
②チラー
チラーも同様にして
33 × 30 × 9 = 8910 [kWh/年]
単位あたり 日数 稼働時間 合計
これらより合計は、9720 [kWh/年]
(放射冷房設定温度：22°)

■照明消費電力

区分	数量	電圧	消費電力	稼働率	消費電力(1日あたり)		
普通教室	1-1	1	9	0	0		
	1-2	1	9	0	0		
	2-1	1	9	0	0		
	2-2	1	9	0	0		
	3-1	1	9	0	0		
	3-2	1	9	0	0		
	4-1	1	9	6	1	972	
	4-2	1	9	3	1	972	
	5-1	1	9	6	1	972	
	5-2	1	9	3	1	972	
特別教室	理科室	1	15	0	0		
	図工室	1	15	0	0		
	家庭科室	1	15	0	0		
	音楽室	1	15	0	0		
	視聴覚室	1	15	3	1	1620	
	図書室	1	15	0	0		
	図書室	2	9	6	1	3888	
	体育館	1	50	9	1	9500	
	職員室	2	4	0	0	0	
	校長室	1	2	0	0	0	
その他	管理室	1	2	0	0		
	教務室	1	6	0	0		
	図書室	1	12	3	1	1296	
	会議室	1	6	3	1	648	
	図書室	1	15	6	1	3240	
	図書室	2	2	9	1	1296	
	保健室	4	1	6.75	1	972	
	WC	8	4	9	1	10368	
	※学校は1日9時間使用とする					合計	87860 [kWh]

消費電力	1日	87860 kWh/日
	365日	31968.8 kWh/年

設置設備を選定し設置数を決めた。光解析を元に各教室基準照度に満たない時間を算出し、稼働率は参考ソースがないため1で計算を行った。

