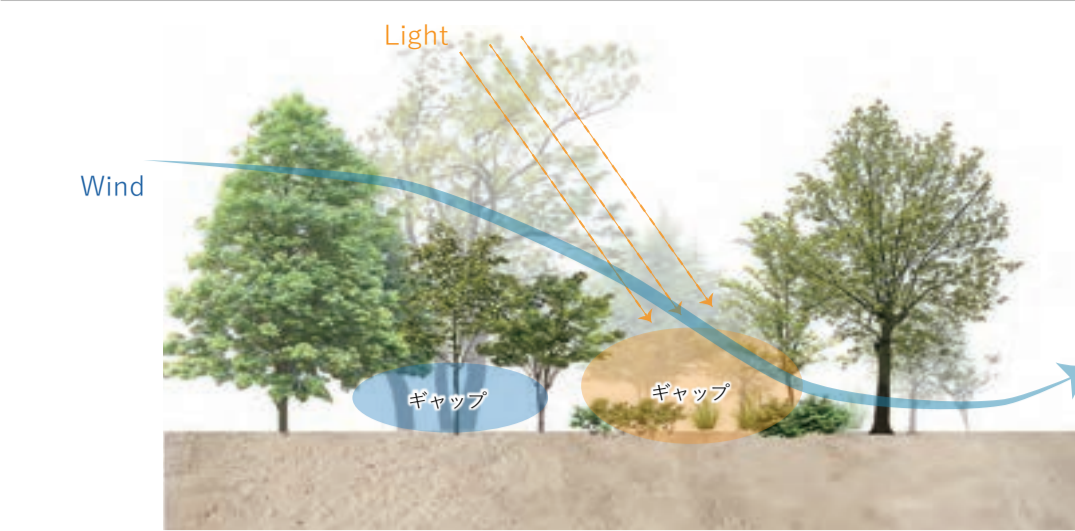


杜の導

— 異齢林の空間構成を応用した多面的メリットを備えた小学校の提案 —



■ 異齢林空間分析



樹齢の異なる木々が集まる森ではさまざまなボリュームの木がある。このボリュームの違いは森に平面的、断面的なギャップを与え、光環境、風環境、雨水の流れなど違いを生み出している。その結果、さまざまな種類の植物が植生し、それらを餌とする多種多様な動物が共存している。異齢林では動物は自身の生活に適した環境を選択し、共存することで豊かな生態系が維持されている。さらに、このような森では土壌が豊かであったり、土砂災害に強かったりと副次的なメリットも多く存在する。

本設計では異齢林の空間構成に見られる、ギャップから生まれる空間の質のムラを作り出すことで、子供たちの個性に合わせた多様な環境を作り出し、多面的なメリットを創出するとともに、環境的な側面においても森のような循環システムを持った持続可能な小学校を設計する。

■ 異齢林を空間化する

① 木々をモジュール化する

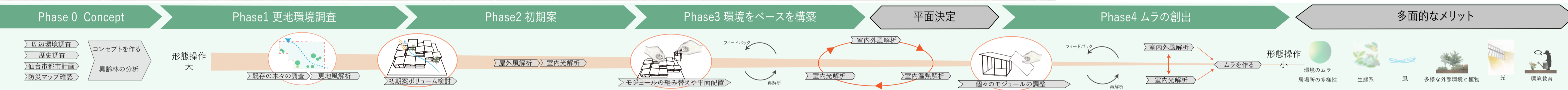
② 組み合わせるギャップを作る

③ 断面のギャップを作る

森にあるさまざまな条件の木々をモジュール化する。樹木ごとに葉の量や密度の偏りがあることなどに着目して、量量の異なるモジュール、片流れ屋根やフラットな屋根のモジュールを用意した。

さまざまな種類のモジュールを組み合わせることで異齢林のような多様な質の場所を作り出す。その際、異齢林の空間構成に見られる平面的なギャップをモジュールを組み合わせることで作り出す。

異齢林では木々の高さの違いによって断面的なギャップが生まれる。空間の機能に合わせて、モジュールのボリューム操作を行い、断面のギャップを生み出す。ギャップは光や風を取り込む装置となる。



Phase0 Concept → Phase1 更地解析、樹木調査 → Phase2 初期案 → Phase3 環境ベースを構築

杜の都仙台

現在杜の都に代表される緑は、青葉通りの並木道や西公園など、都市景観形成のために作られた断片的に都市に挿入された緑地にすぎない。しかし、かつての杜の都は住人が自らの生活のために屋敷内に木を植えていった結果、都市全体が緑に包まれたといった経緯がある。かつての杜の都の木々は個人の生活と密接に関わり、生活を支えるものであったといえる。

■ 更地風解析

12月 北西の季節風 / 7月 南東の季節風

■ 初期案一階ボリューム配置

Wind / Light Analysis

冬の屋外解析の結果冬の北西からの卓越風は体育館のボリュームによって抑えられていることを確認した。一方、初期案では夏の卓越風は校舎のボリュームの影響で負圧になり取り込めていないことがわかった。そこで、改善案①では校舎の平面配置とピオトープの位置を変更して、夏の卓越風を室内に取り込めるようにした。さらに、室内の風解析も行い壁量や開口部の位置を調整することで教室空有館として良好な風環境を実現した。

初期案		改善案①		改善案②	
12月 屋外風解析	7月 屋外風解析	7月 屋外風解析	7月 屋内風解析	7月 屋内風解析	
北西からの卓越風が抑制されている。	南東からの卓越風が取り込めていない。	南東からの卓越風が取り込めるように調整された。	室内の風環境が改善された。	さらなる風環境の最適化。	

初期案では樹木の影響を考慮せずに光解析を行った。光環境はおおむね良好であり、教室環境として明るすぎるエリアも多く見られた。改善案①ではカーテンウォールの面積を減らし、壁量を増加させることで改善を図ったが、一部で暗すぎるエリアが見られた。改善案②ではそれまでの結果を踏まえ校舎全体が一定の照度となるように調整をおこなった。さらに、樹木の影響も考慮することでより正確な校舎光環境を再現した。

初期案 (樹木設定なし)		改善案① (樹木設定なし)		改善案② (樹木設定あり)	
夏至9時 1F光解析	夏至9時 2F光解析	夏至9時 1F光解析	夏至9時 2F光解析	夏至9時 1F光解析	夏至9時 2F光解析
部分的に明るすぎるエリアあり	明るすぎるエリアが減少	さらなる照度調整	樹木の影響を考慮した照度調整	最終的な照度最適化	

Heat / CPC Analysis

最後に熱環境の改善をおこなった。各回の上部で暖かい空気が滞留してしまっていたため、改善案③では屋根の頭頂部に換気口も兼ねたCPC装置を設けることにより改善を図った。

改善案② 換気口設置前断面温熱解析

改善案③ 換気口設置後断面温熱解析

CPCについて

生活と一体になった「杜の学舎」

かつての杜の都の緑が市民によって育てられ市民の生活を支えるものであったように、学校生活地域生活の一部となり、景観形成のみではなく多面的利点を備えた杜の学舎を造る。

■ 公園樹木調査

既存の木々の調査

校舎のボリューム検討を行うために更地へ流入する夏と冬の卓越風を更地解析を行うことで調べた。解析の結果冬には北東からの卓越風がふき、夏には南側からの卓越風が吹くことがわかった。さらに、敷地の南側の公園に現在ある木々の配置と樹種を調査した。

■ A-A'断面図 兼断面風解析

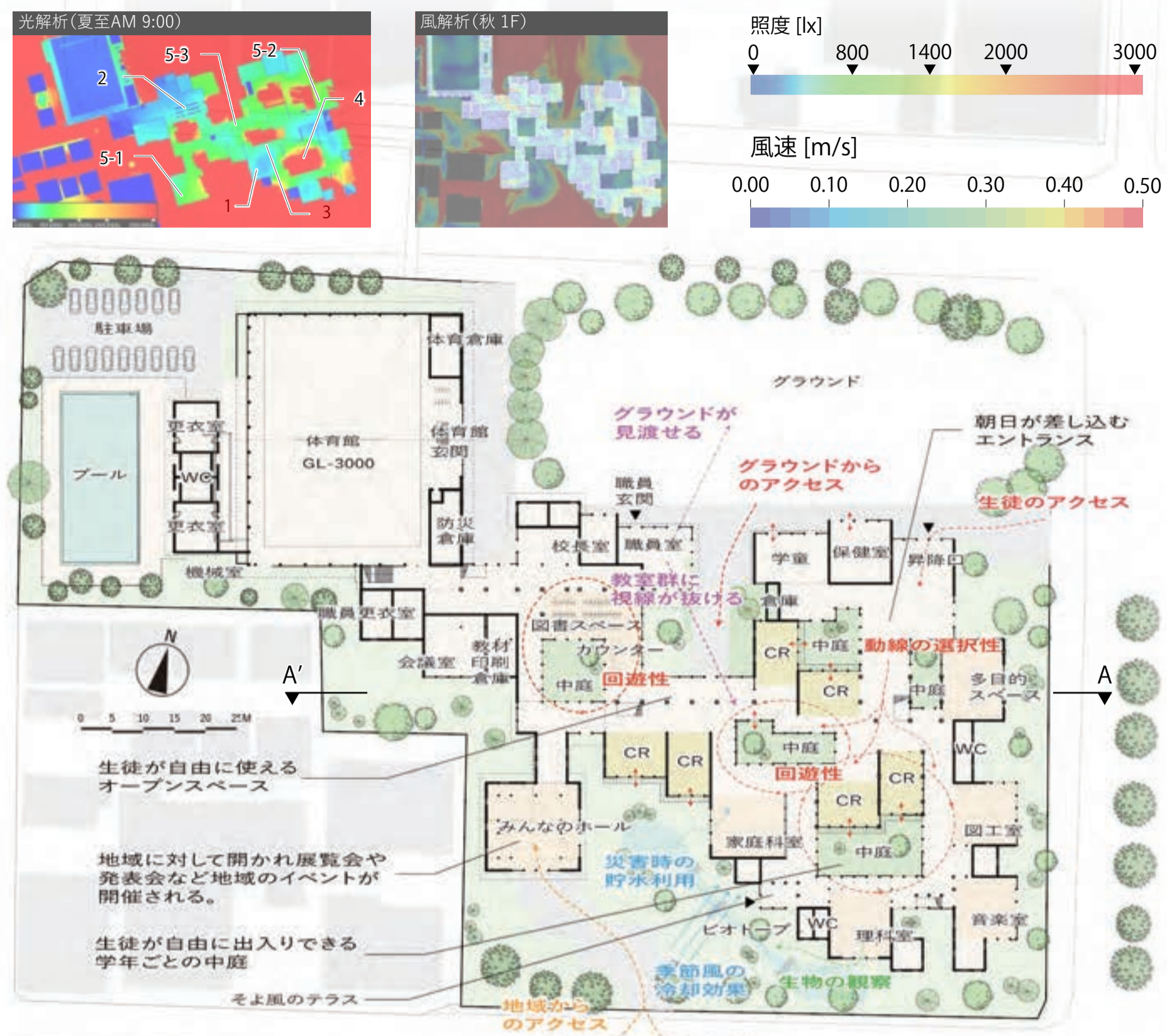
屋根形状で雨水を集め、植物や与えたり災害より防水する。

中庭は光庭として役割も持ち、良の空間まで光を届ける。

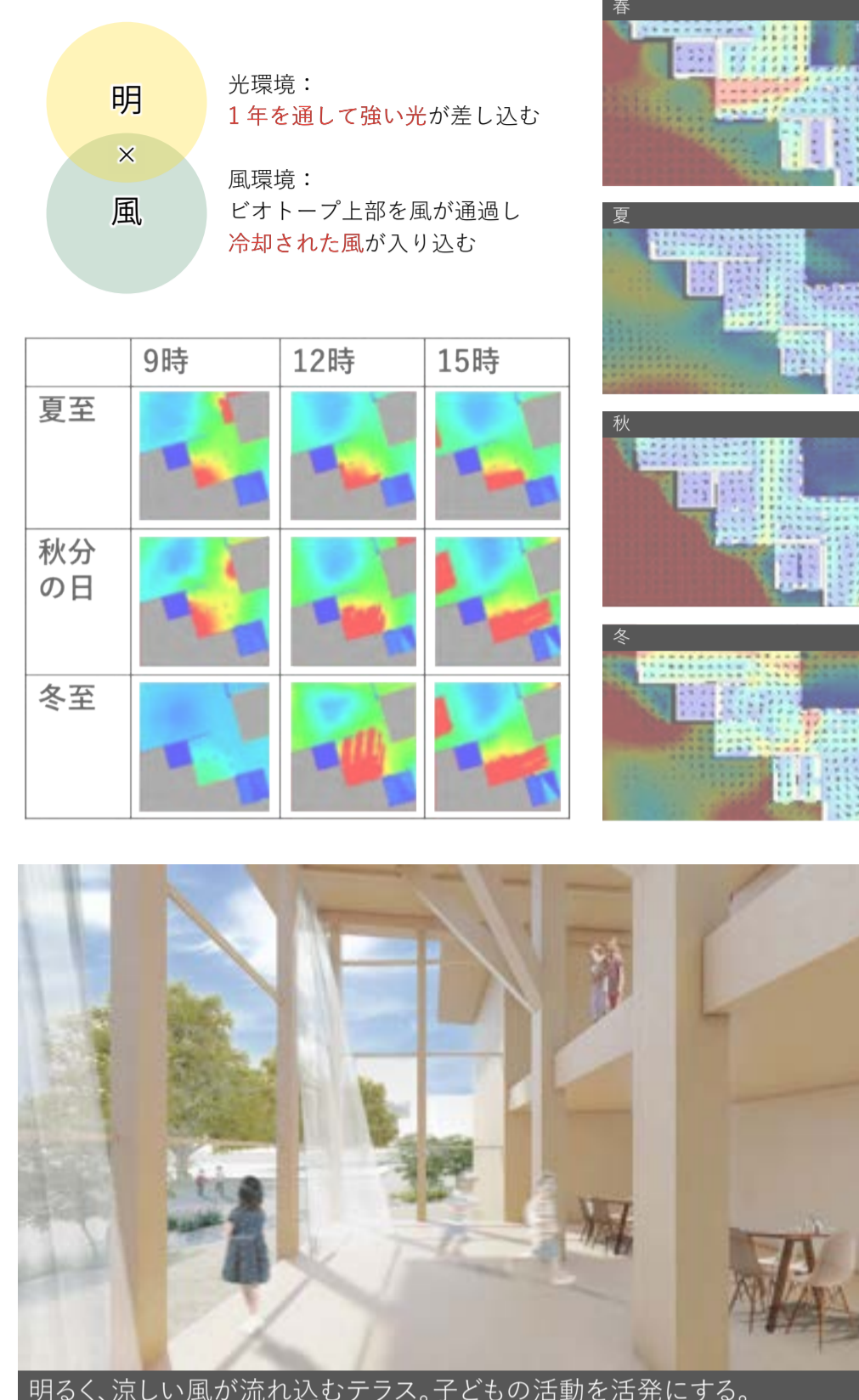
中庭から空気が抜け、流ように環境操作

一回の反射で広範囲から集光 / 集光した光を放光する装置

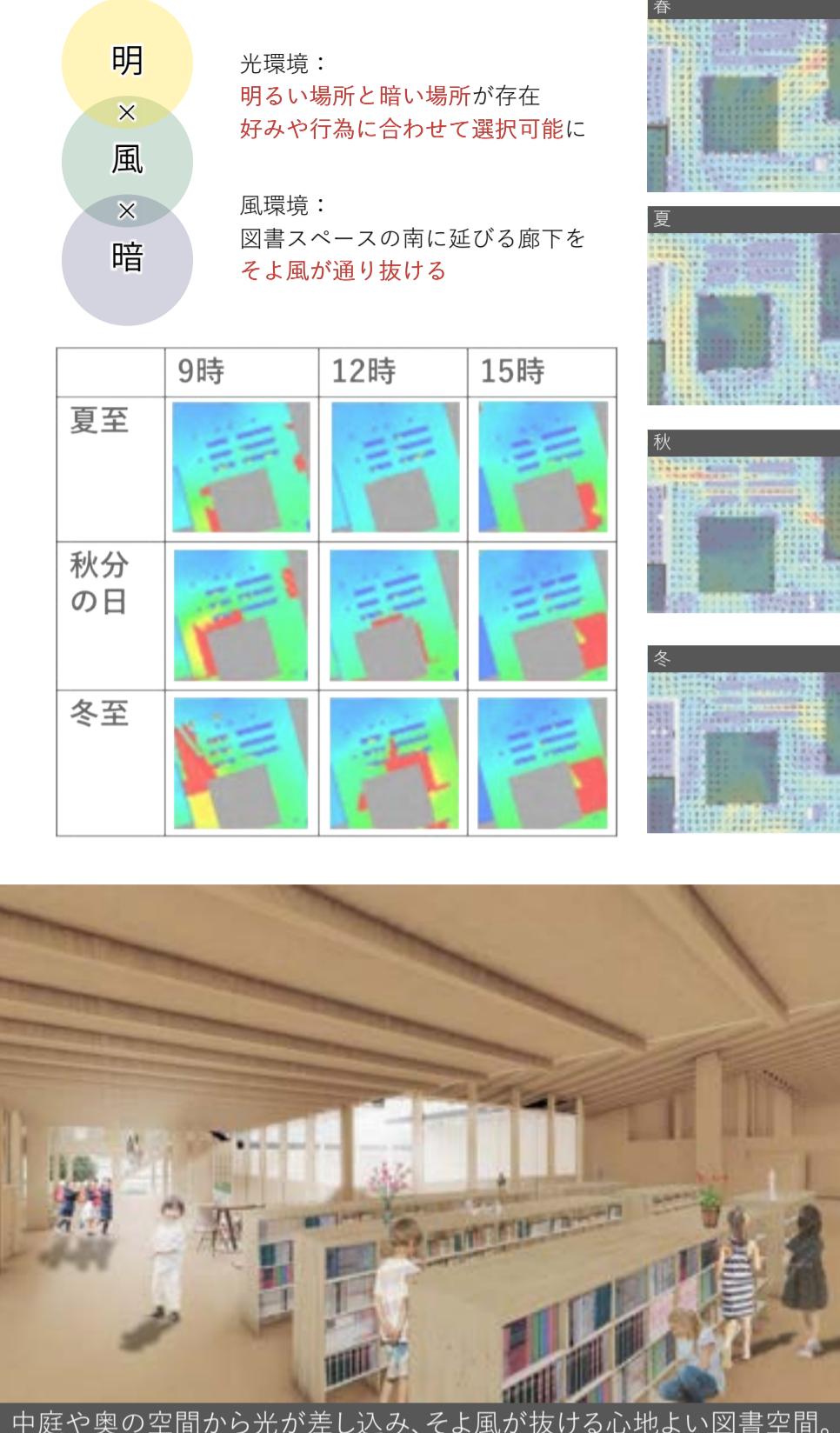
0,ムラのレイヤーマップ 平面図



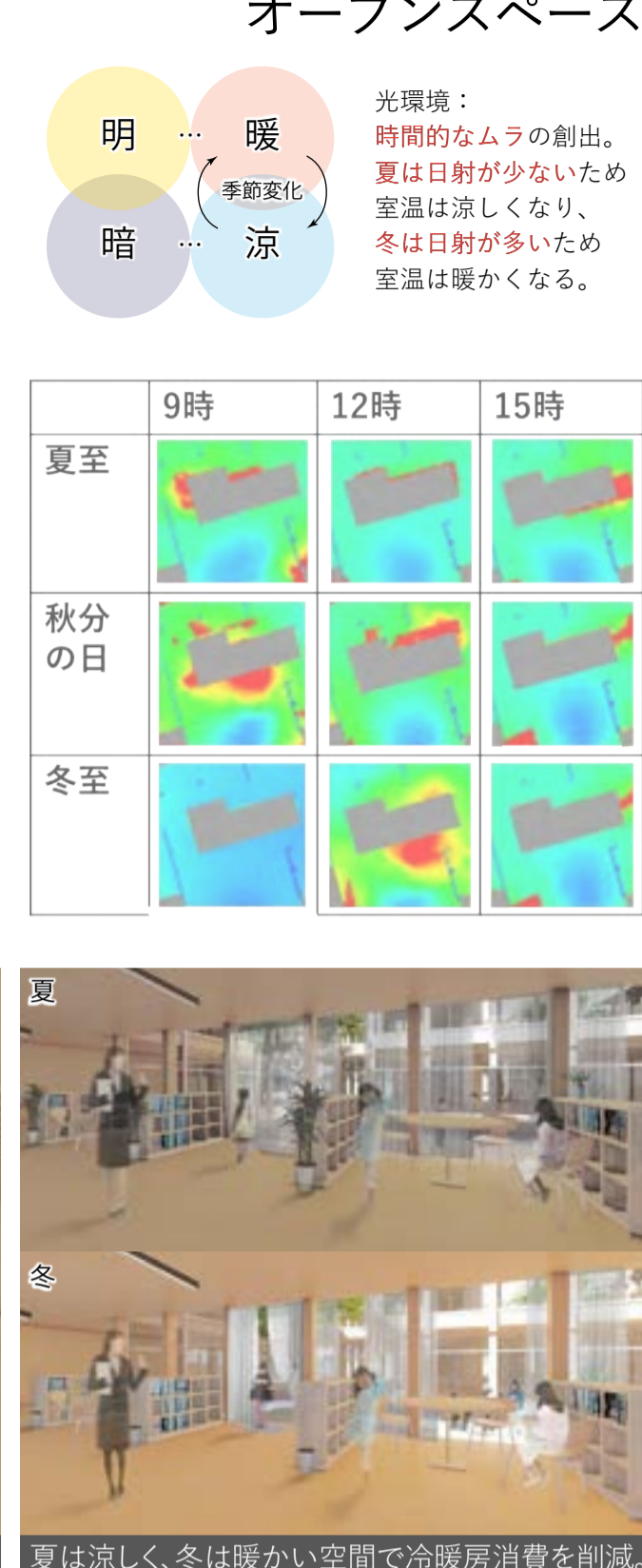
1,光とそよ風のテラス



2,みんなの図書館



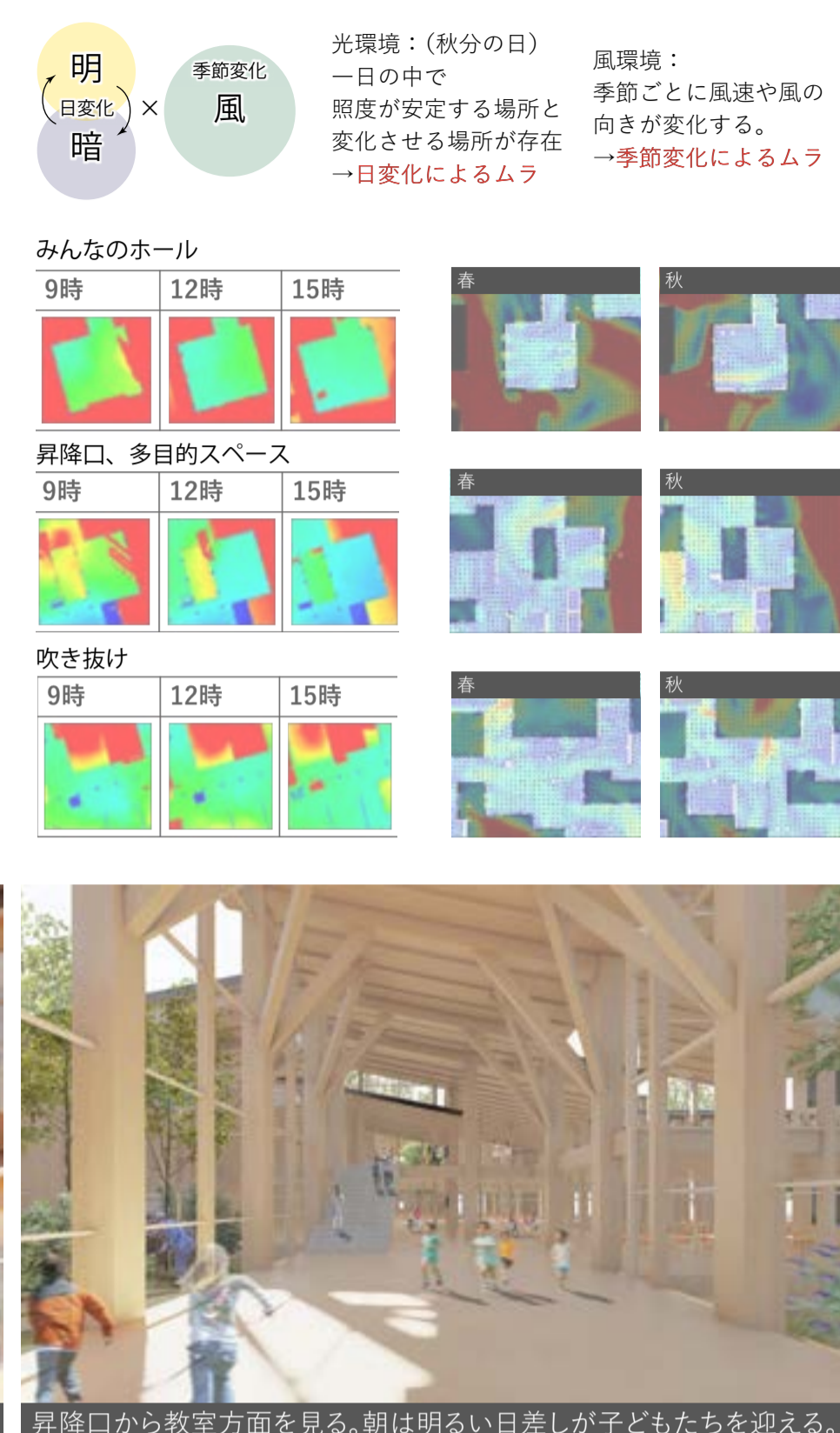
3,中庭と繋がるオープンスペース



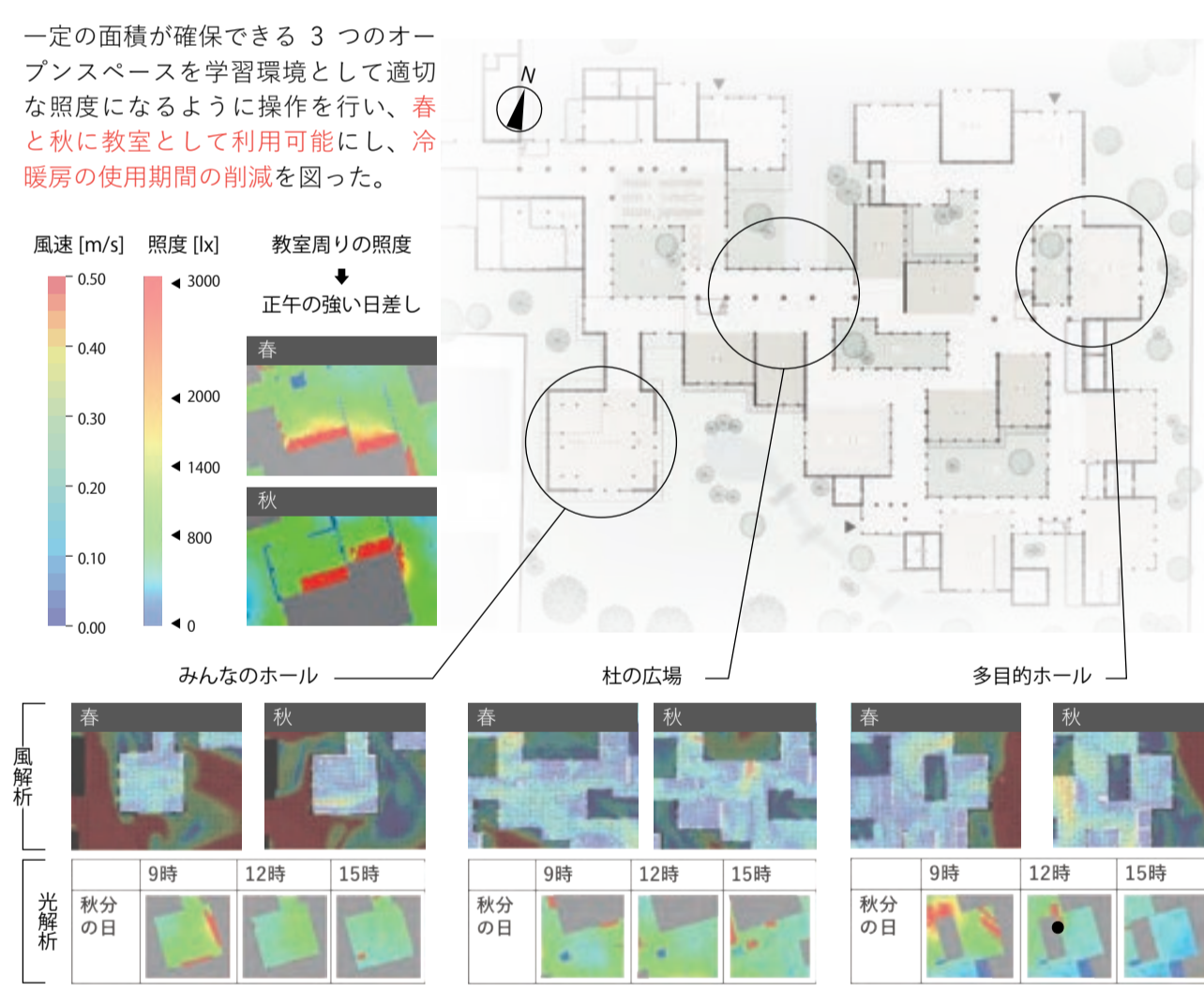
4,ひなたテラス



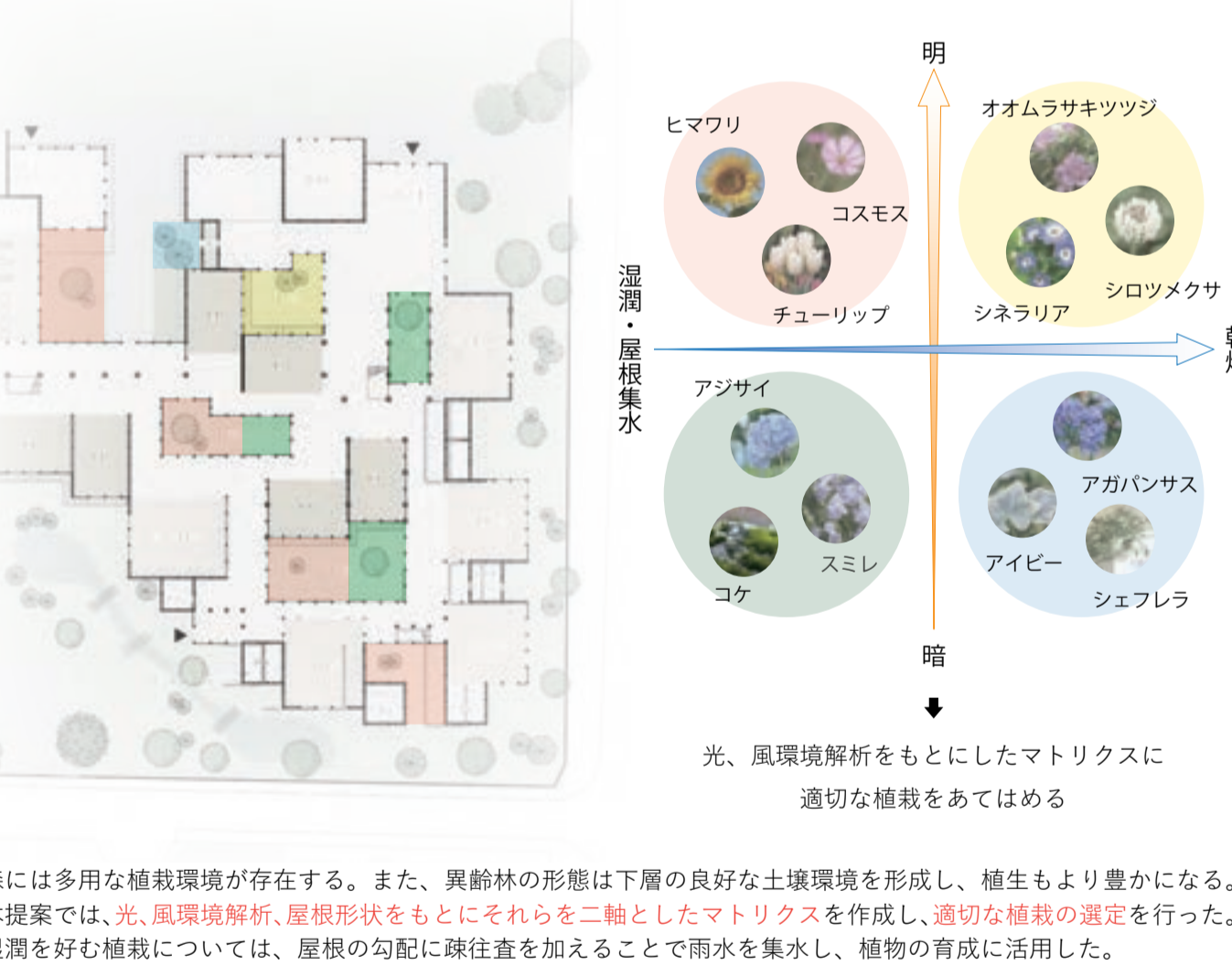
5,多様なオープンスペース



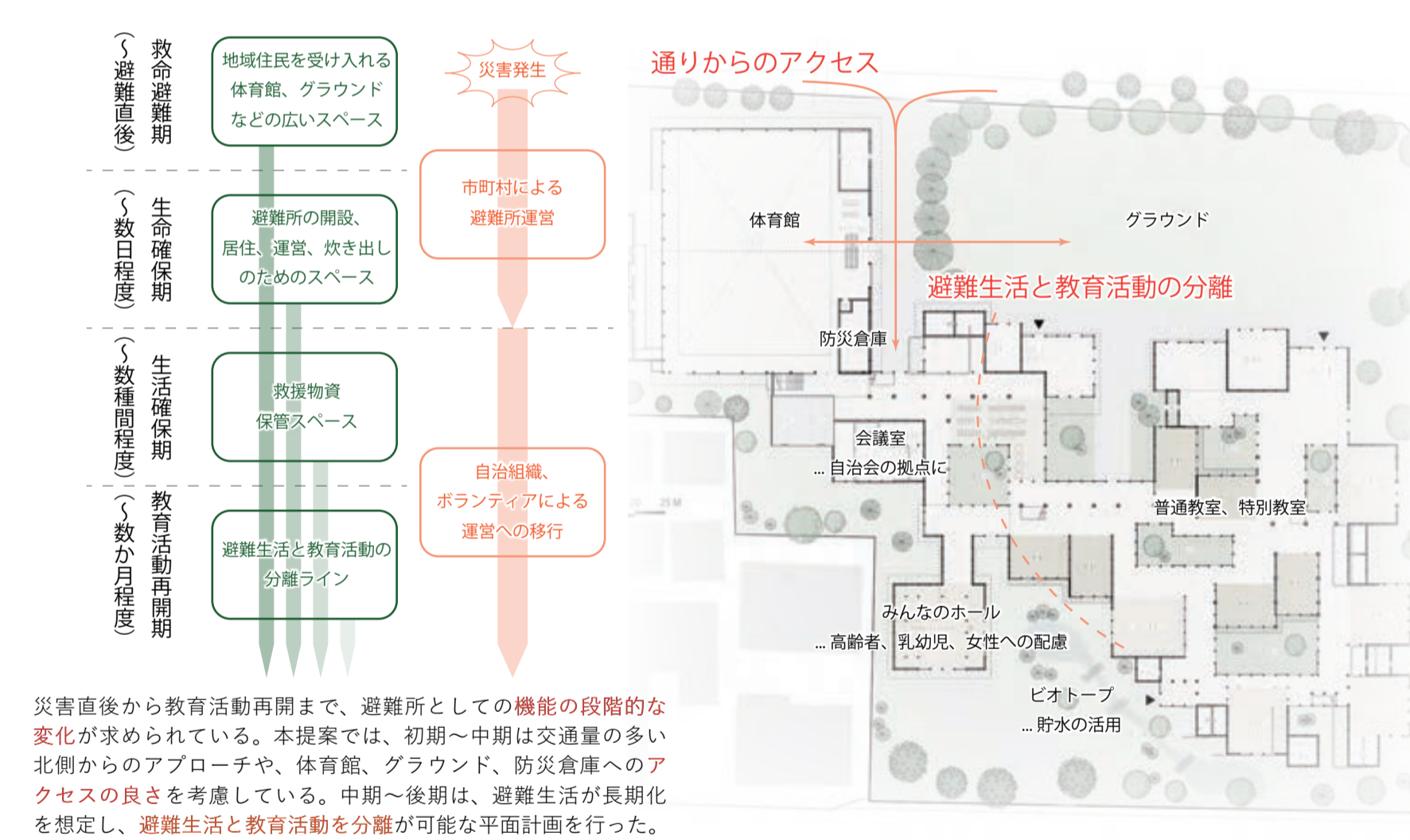
■ムラを活用した移動教室によるエネルギー削減



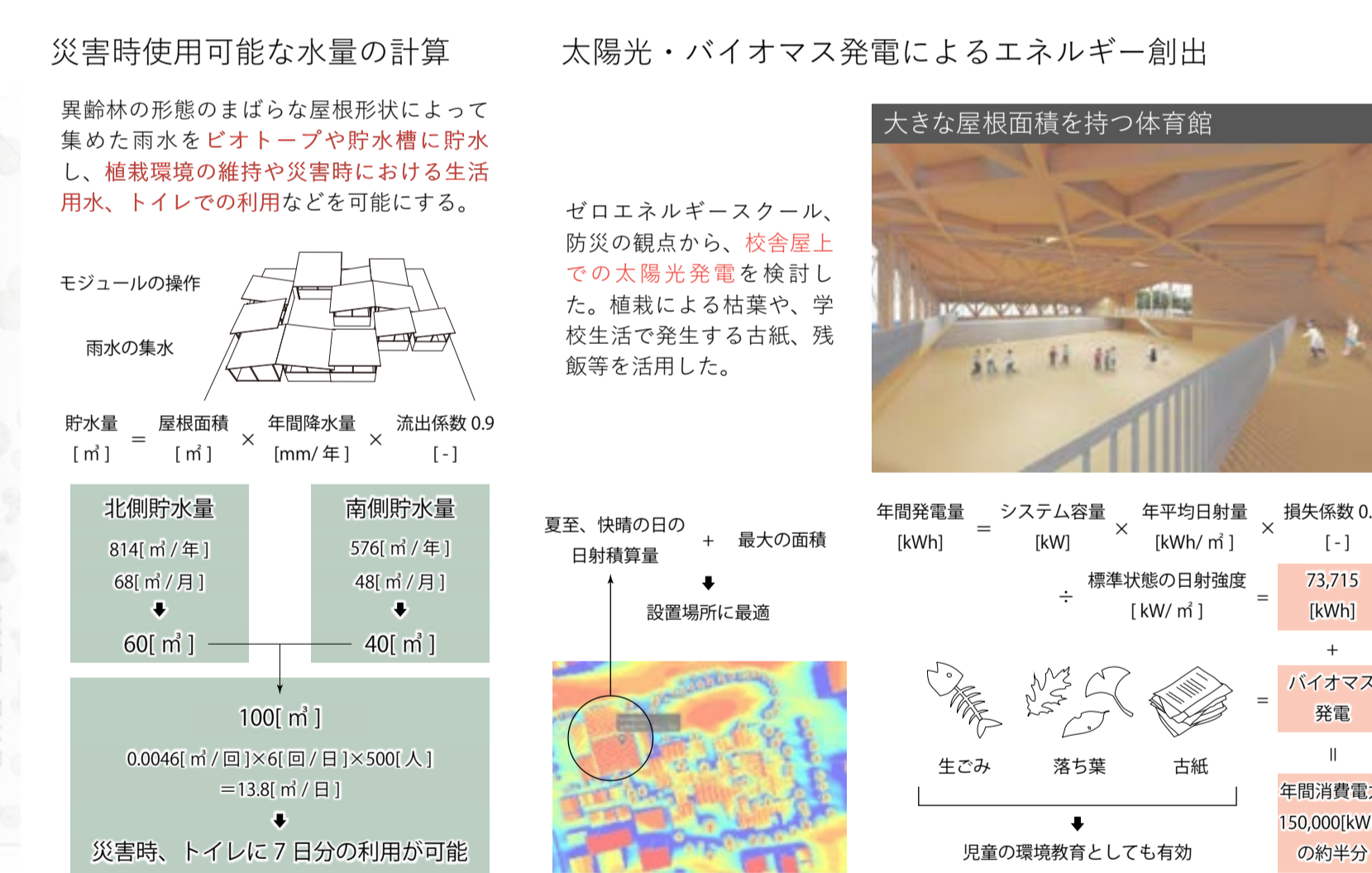
■森、ギャップを活用した多様な植栽環境



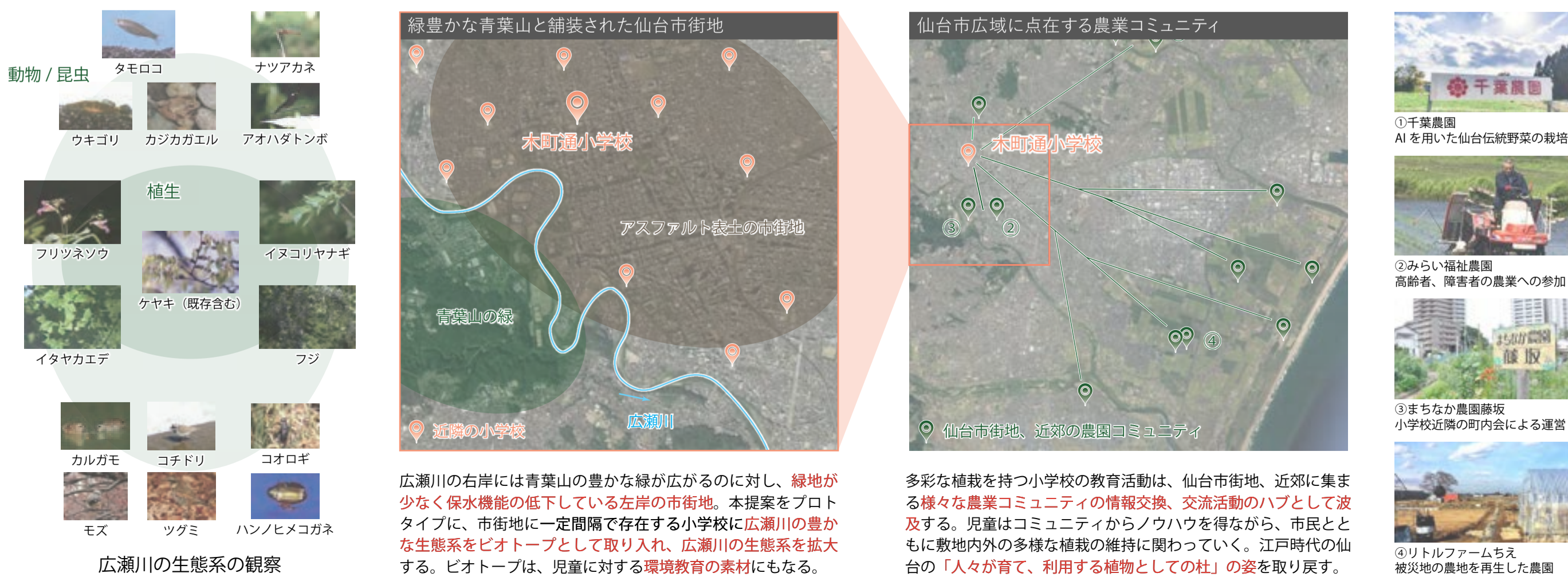
■平面計画 一段階的な状況変化に対応する災害拠点として—



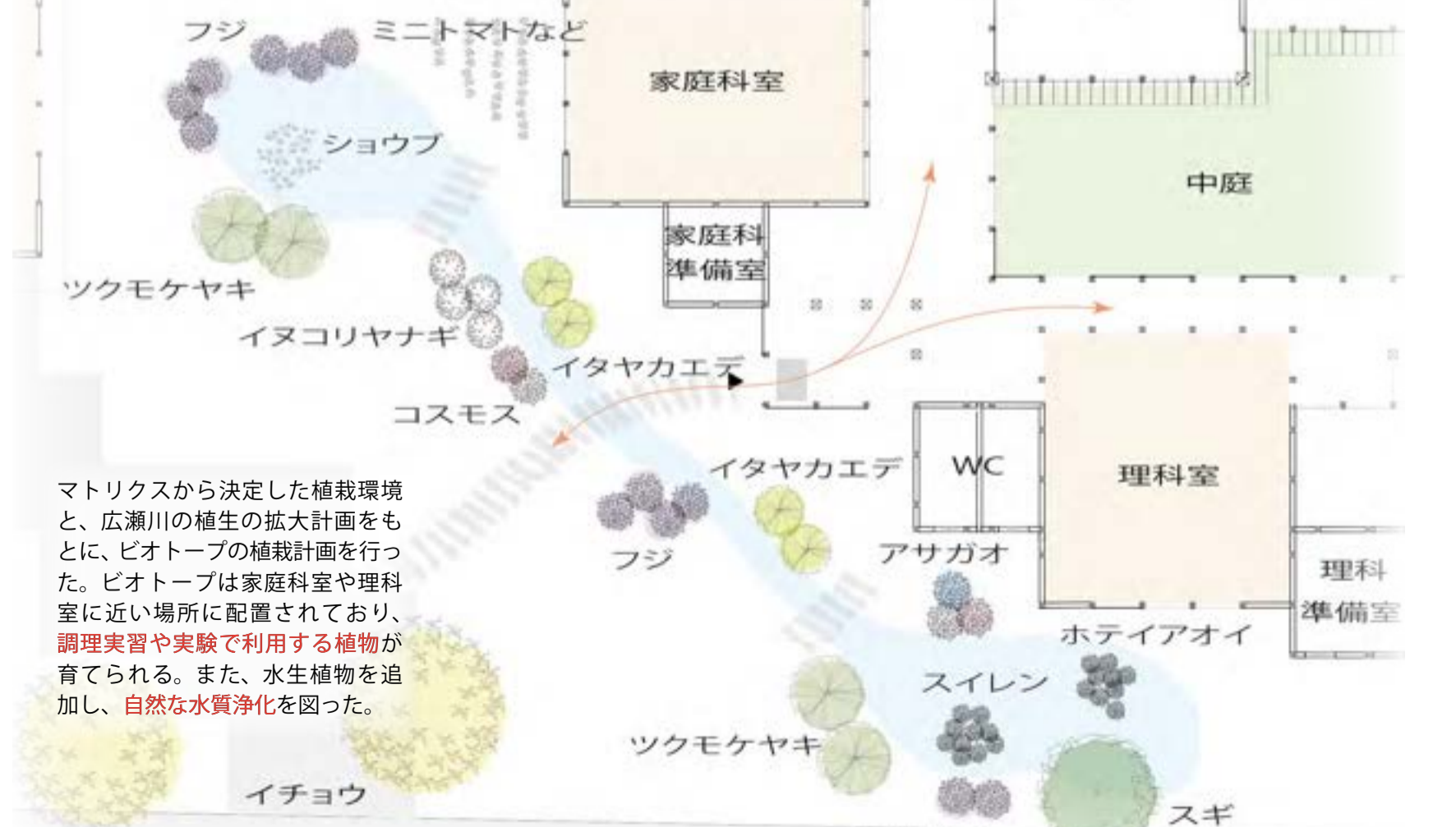
■貯水と電力創出によるレジリエンス 一持続可能な災害拠点として—



■「杜の都」仙台を繋ぐ、創る小学校へ —広瀬川生態系の拡大、植栽を活用した地域コミュニティの活動—



■ビオトープの植栽計画



説明パネル

■ 課題説明

●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か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た今日では、大都市においても中小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からこそあるべき小学校の設計が求められた。

- 1 Symbol 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。

本設計では、異齢林の空間構成が生態系や自然災害対策などさまざまな側面において利点を持っている点に着目し、異齢林の空間分析を行うことで空間化し、次世代の小学校としてさまざまな利点を備えた小学校を目指し設計をおこなった。また、例年の課題では過去の自分の作品をSASBEEの評価や環境解析シミュレーションを行うことで、環境面においても優れた作品にブラッシュアップすることを目的としている作品が多かったが、本設計では環境改善のみならず環境解析などを用いて「ムラ」意図的に生み出し操作することによって、新たに多面的なメリットを創出することを目標とし設計をおこなった。

2年後期	建築設計A I
	建築設計A II
3年前期	建築設計B I
	建築設計B II
3年後期	建築設計C I
	建築設計C II
4年前期	建築設計D

■ 二階平面図



■ パース



■ メンバー



横山 大志
YOKOYAMA TAISHI
東北大学工学部
都市・建築学専攻
都市デザイン学分野所属
学部4年
担当:設計統括



板谷 廉
ITAYA REN
東北大学工学部
都市・建築学専攻
都市デザイン学分野所属
学部4年
担当:意匠設計



武田 結
TAKEDA YUI
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:温熱環境解析



山根 優太
YAMANE YUTA
東北大学大学院
都市・建築学専攻
地域環境計画学分野所属
修士1年
担当:光環境解析



出牛 すずか
DEUSHI SUZUKA
東北大学工学部
都市・建築学専攻
地域環境計画学分野
学部4年
担当:風環境解析

■ 解析環境

・風環境解析

建物内及び敷地周辺での風環境を確認するために風解析を行った。まず敷地内での建物、樹木、ピオトープなどの配置あるいは種類、形状の検討を行うために更地での解析を行い、その後建物を含めた屋外、屋内の解析を行った。始めは室内の風環境が学校環境衛生基準値の0.5m/s以下になっているのかの確認を行い、徐々に環境のムラの創出の検討へと移っていった。

・解析条件
ソフトウェア:FlowDesigner
乱流モデル:修正L-Kモデル

・解析領域
〈屋外解析〉
・解析領域[m]:1,400(x)×1000(y)×80(z)
・総メッシュ数:約1,500,000
・最小メッシュ幅:約1m

〈屋内解析〉
・解析領域[m]:250(x)×200(y)×80(z)
・総メッシュ数:約2,800,000
・最小メッシュ幅:約0.4m

・外気条件
観測地点:仙台管区気象台(緯度:北緯38度15.7分、経度:東経140度53.8分)
観測点高さ:52.6m

風向,風速
1月:西北西 3.1m/s
4月:南東 3.8m/s
7月:南東 2.7m/s
10月:北北西 2.8m/s

・光環境解析

Lumicept(ルミセプト)を用いて光環境解析をおこなった。Lumiceptは、空間内における光の挙動を再現し、光の分布や電波を把握するためのハイブリット光シミュレーション・ソフトウェアである。直射光と天空光を用い、年間の平均的な光環境検証のため夏至(6月21日)、春分の日(9月23日)、冬至(12月23日)の9時、12時、15時で解析を行い、照度分布を求めた。今回敷地の南側は元々は公園であるため、室内の光環境を評価する上で、樹木の影響が大きいと考えられる。そのため樹木を再現したモデルに日射透過率を与えることで、樹木の影響を付与した。樹木の日射透過率は下記の式で求めている。

$$\tau = e^{-akl}$$

樹種タイプ	分類	ak	日射透過率
杉	常緑針葉樹	0.51	0.02
ケヤキ	落葉広葉樹	0.43	0.03
プラタナス	落葉広葉樹	0.67	0.04
イチョウ	落葉針葉樹	0.58	0.06
サクラ	落葉広葉樹	0.58	0.10

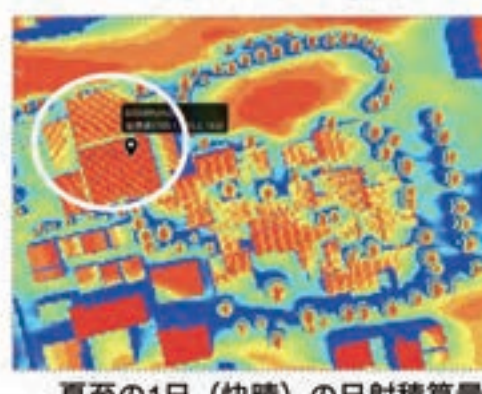
※樹冠のサイズのパラメータである日射透過距離 l はGoogle Earth を用いて樹冠のサイズを測定して求めた。また、樹型に関しては実際に公園に行き確認した樹型を元にモデリングをおこなった。

目標となる照度は、「学校環境衛生基準」より、照度の下限値300 lxを満たすことを目標とした。この目標を達成するために、窓の配置とサイズ、素材の検討、CPC(Compound Parabolic Concentrator)による光ダクトを一部導入した。

■ その他

・太陽光発電量
太陽面積 体育館屋根面積の70%
仙台市の年平均日射量は、NEDO(国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構)の日射量データベースから、屋根角度10度の場合を使用。

パネル設置位置の検討



夏至の1日(快晴)の日射積算量

屋根面積	㎡	0.07
太陽光パネル1枚の面積	㎡	1.80
太陽光パネル1枚当たりの発電量	kw	200
設置できる枚数(屋根の70%に設置すると仮定)	枚	333
システム容量	kw	66
年平均日射量(仙台)	kwh/m ²	3.60
損失係数(概算時に一般的に使用)		0.80
標準状態の日射強度	kwh/m ²	1
年間発電量	kwh/年	73,715

・貯水量計算

屋根は雨水を効率的に集水できるような形状・勾配としている。雨水は雨樋を通して南北の地下貯水槽に集水し、災害時などの利用を可能とする。
貯水量[m³/月]=屋根面積[m²]×仙台市年間降水量[mm/年]×10⁻³×流出0.9÷12[ヶ月]

南側貯水量

501×1276.7×10⁻³×0.9÷12≒48m³/月

北側貯水量

708.02×1276.7×10⁻³×0.9÷12≒68m³/月

この計算結果より貯水槽体積を

南側:40m³(=40,000L)、
北側60m³(=60,000L)と決定した。