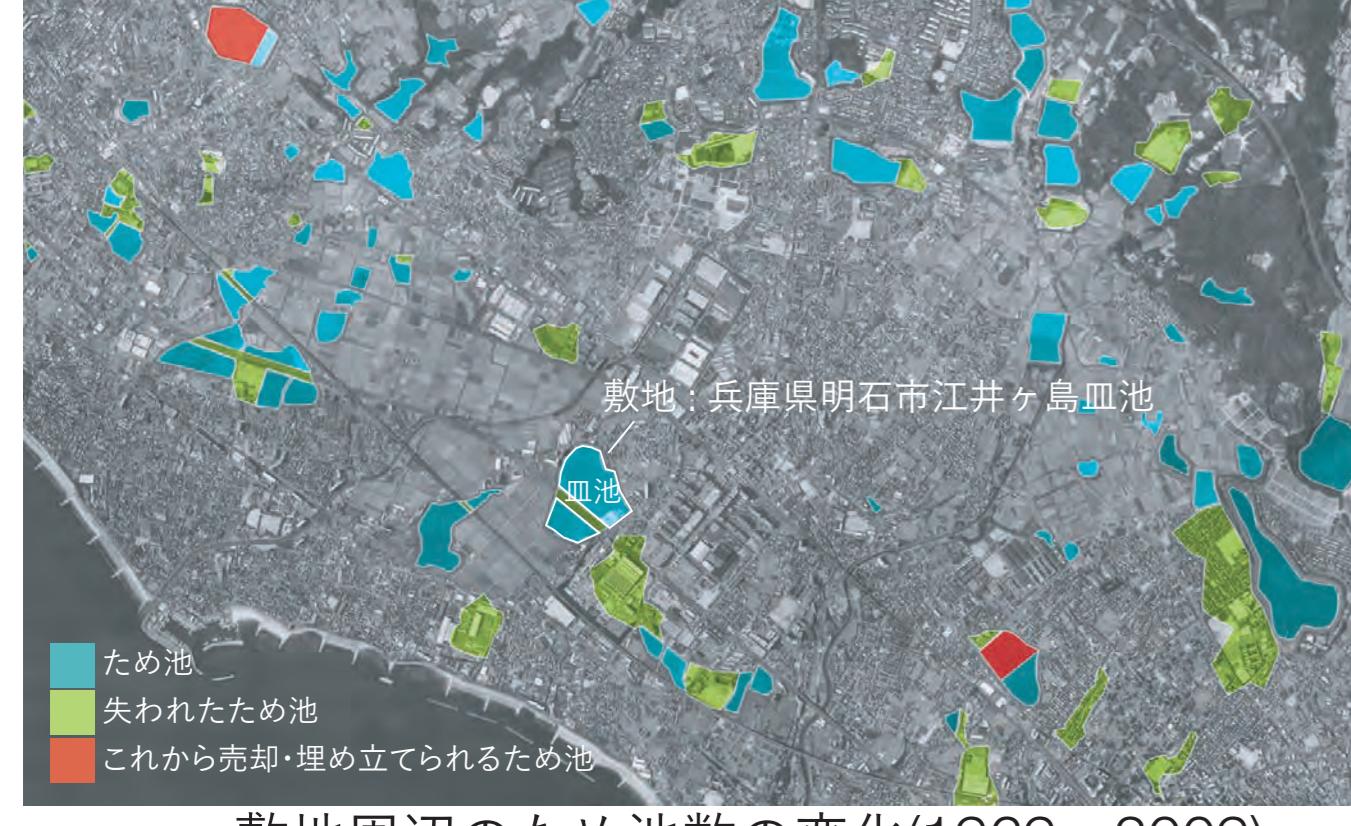




01 背景 - 濑戸内海の気候とため池 - // Background

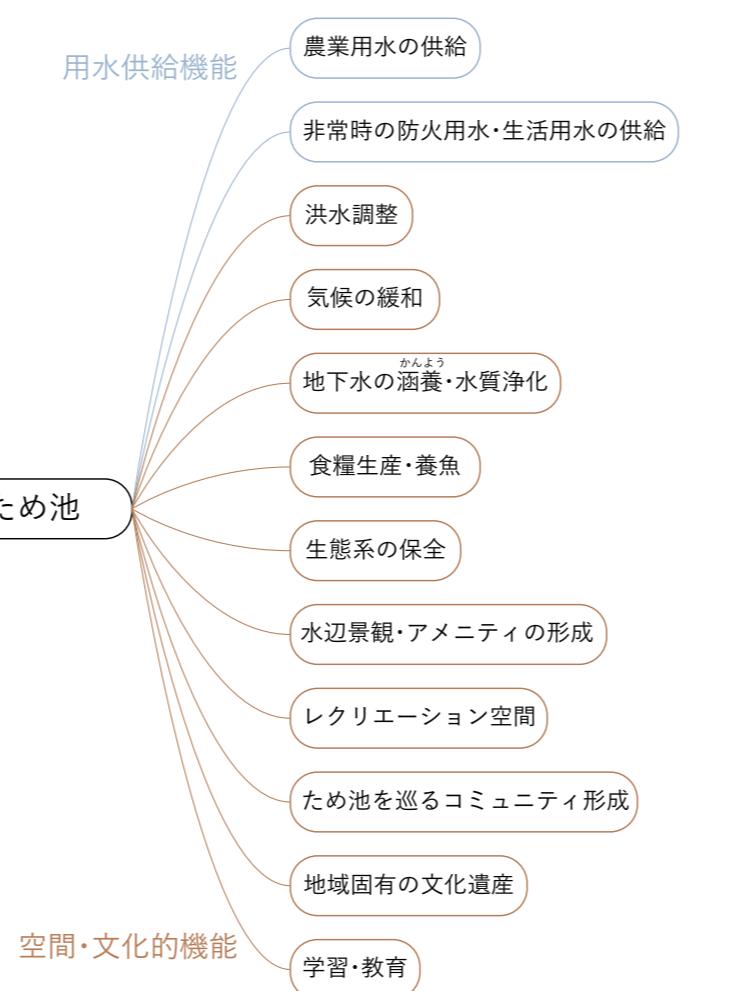
瀬戸内海では、温暖少雨な気候（年降水量 1320mm）で、灌漑用のため池が多く作られてきた。一方で、農業の衰退に伴い都市のストックとなり埋立・宅地化している。このような役割を終えたため池に対して、リジェネラティブな活用の可能性を考えたい。ため池の二次自然と環境を活かした、生態系と共に暮らす新しいまちの風景を考える。



02 ため池コンバージョン // Multiple Functions

ため池は、用水供給という一次的役割だけでなく、様々な多面的機能を持っている。特に、ため池の作り出す二次自然は、都市において希少な生態環境であり、地域資源としての価値を持つ。

灌漑設備としての役割を終えた後、ため池を埋め立てるのではなく、建築的介入によってその機能を転換させることで、文化遺産としてのため池を継承し、地域循環を促進する魅力的な空間へと再生させる。



ため池の多面的機能
内田和子「ため池-その多面的機能と活用-」

03 地域の2つの生態系とため池での活動による地域循環構想 // Ecosystems and Activities

ため池には、採餌場としてコウノトリが飛来し、有機農法によるヘアリーベッチの花にはミツバチが飛来する。この生態系を中心に、コウノトリが飛来するシンボルとしての巣塔、6次産業としての養蜂施設を計画する。

また池のメンテナンス作業であるじゃことりを現代向けに再編し、農業知を継承し、地域民が交流することのできる建築プログラムを考える。

ベッチは稻作の窒素を確保し、春の花から採れる蜜は新たな産業を創出する。

04 ため池建築と経済循環 // Economic Cycle

ため池の生み出す二次自然や生態系は、**非経済的価値**が大きい。ため池に経済効果を追求することで将来に渡って埋め立てずに活用していく計画とする。ため池の活動と経済効果を仮定し試算すると、ため池の維持管理費年 75 万円を補完しつつ初期費用は約 19 年で回収できる。ため池から経済循環を生み出す。

イニシャルコスト*	ため池維持費	仮定条件	*イニシャルコストは、建物を坪単価 25 万として概算 (建物 3 傷 / フロア 3 千 / 大屋根 + 施設 1 傷)
500,000,000	750,000	1か月25日計算	1か月25日計算
施設名	単価(円)	人数・個数	繊度(回/日)
宿泊施設	10,000	3	1
定期賽	4,500	4	1
季節農業講習	3,000	15	1
SUP体験	5,000	4	2
SUPヨガ体験	4,000	4	1
学童保育	500	20	1
多目的室・会議室	800	1	3
カフェ	1,000	20	3
蜂(カバヤニ)	600	5	1
蜂(ハチ)	600	15	1

純利益計算表

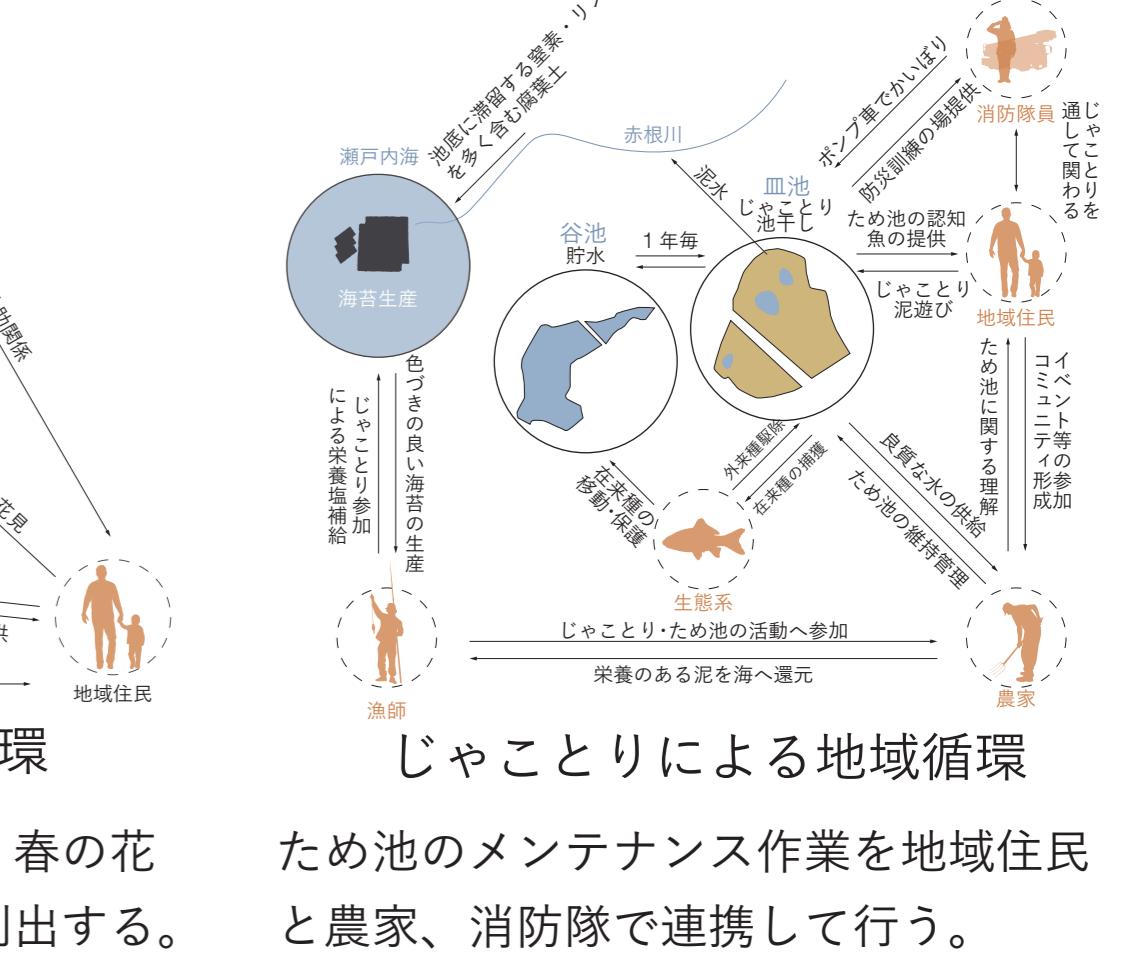
施設名	費用(円/日)	期間(日)	費用総額(円/年)	利益総額(円/年)
宿泊施設	20,000	150	3,000,000	1,500,000
定期賽	400	150	60,000	2,640,000
季節農業講習	1,200	150	180,000	6,570,000
SUP体験	10,000	150	1,500,000	4,500,000
SUPヨガ体験	6,000	150	900,000	1,500,000
学童保育	15,000	300	4,500,000	-1,500,000
多目的室・会議室	0	50	0	120,000
カフェ	30,000	300	9,000,000	9,000,000
蜂(カバヤニ)	20,000	100	2,140,000	1,600,000

純利益(利益総額 - ため池維持費)

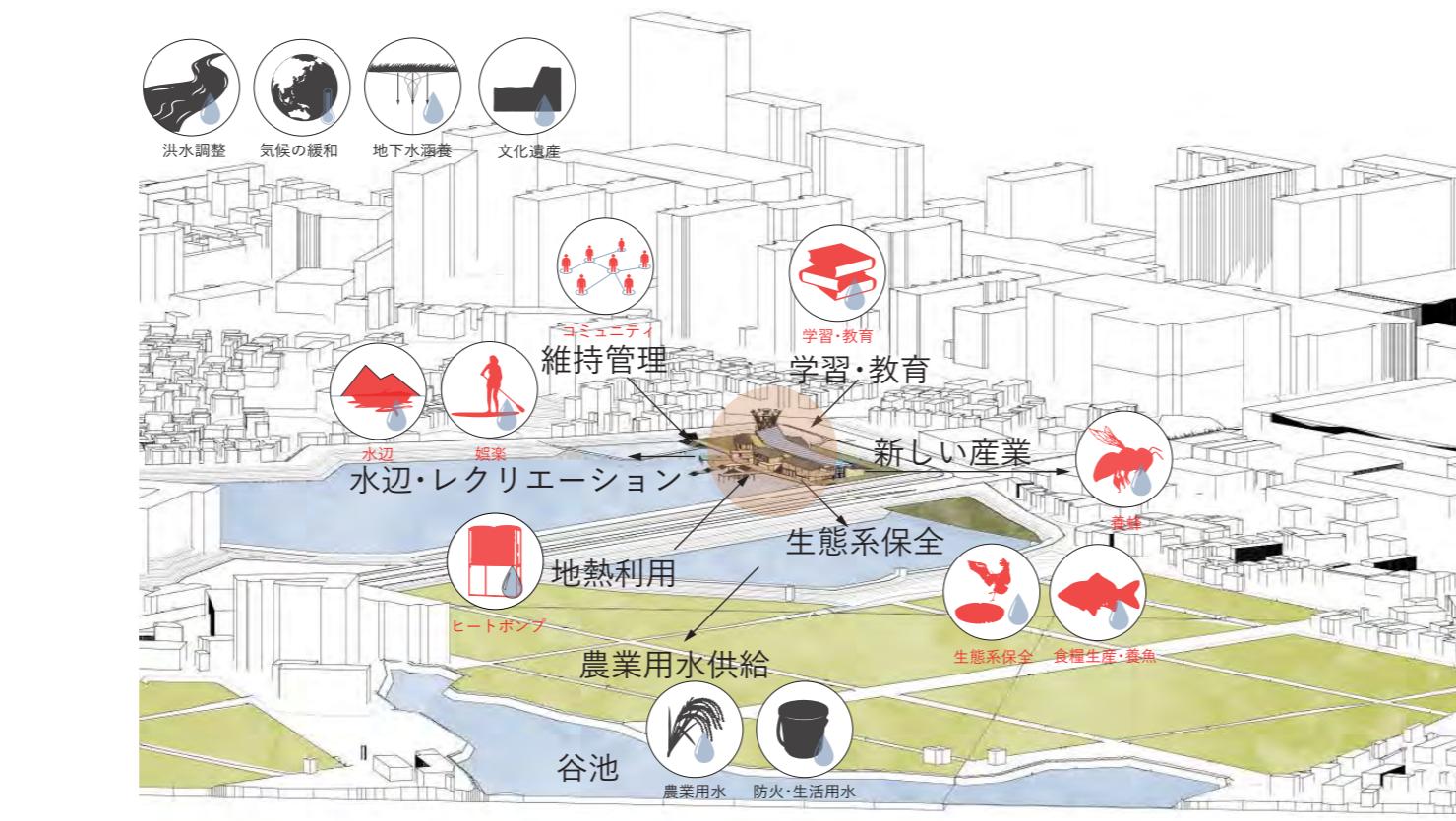
25,930,000

推定回収期間(年)

19.3



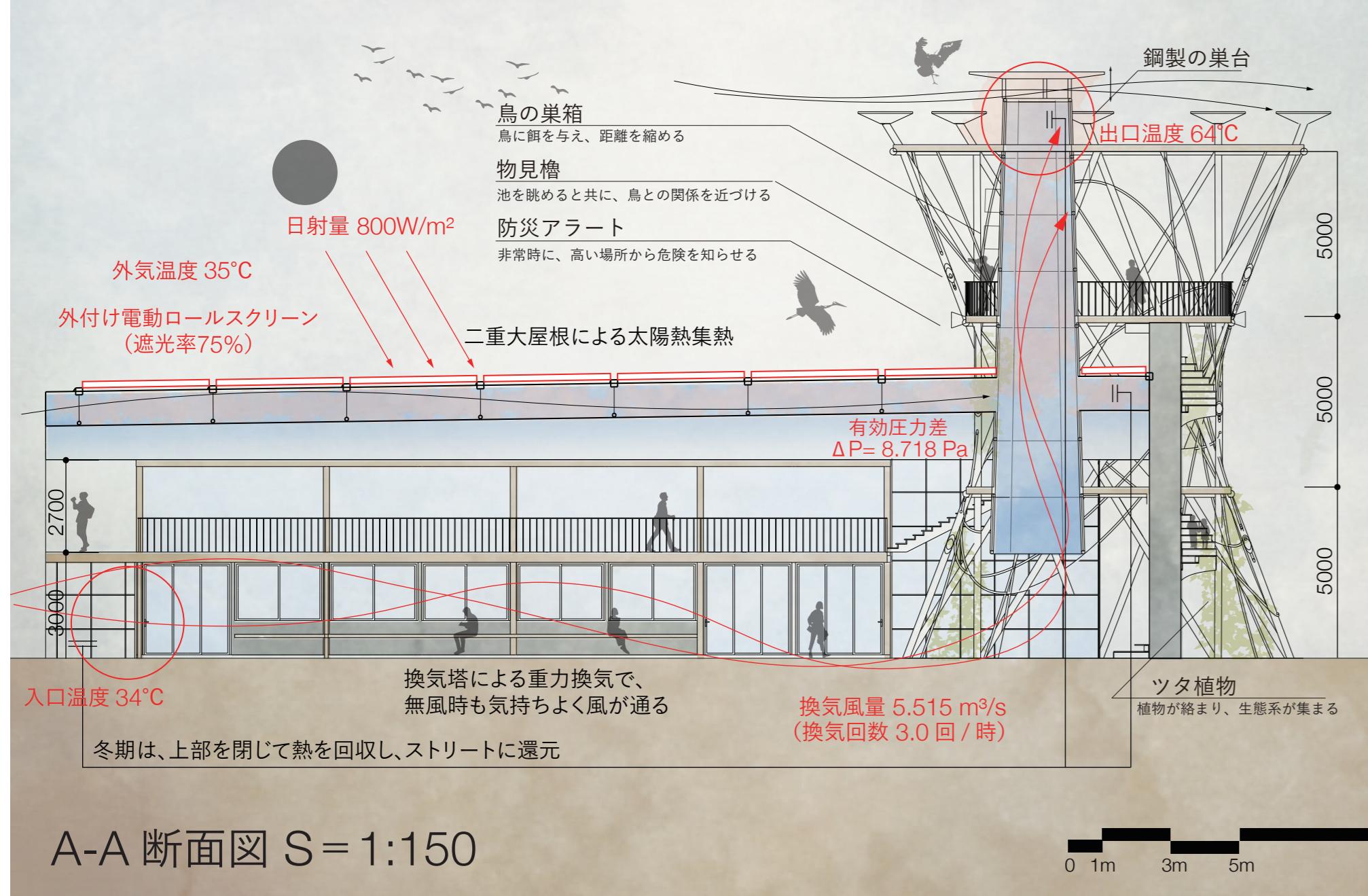
ため池のメンテナンス作業を地域住民と農家、消防隊で連携して行う。



05 1 階平面図 S-1:300 // 1st Floor Plan



06 コウノトリの巣塔による凧時の重力換気 // Stack Effect Ventilation



A-A 断面図 S=1:150

冬期に水位の下がったため池は、コウノトリの餌場となる。そのため飛来るコウノトリのための巣塔を計画した。巣塔の高さを活かし、物見櫓や防塔、そして換気塔の役割も果たす計画とした。以下で換気塔の性能を考える。

夏期は、日射遮蔽率、開口面積、煙突高さ等をパラメーターとして各種寸を調整し、自然換気により十分な換気量が確保できる計画とした。

冬期は上部に溜まった熱気をレタンで回収し、居住域に戻すことで年間を通して非空調でも環境のムラを感じる快適な環境を目指した。

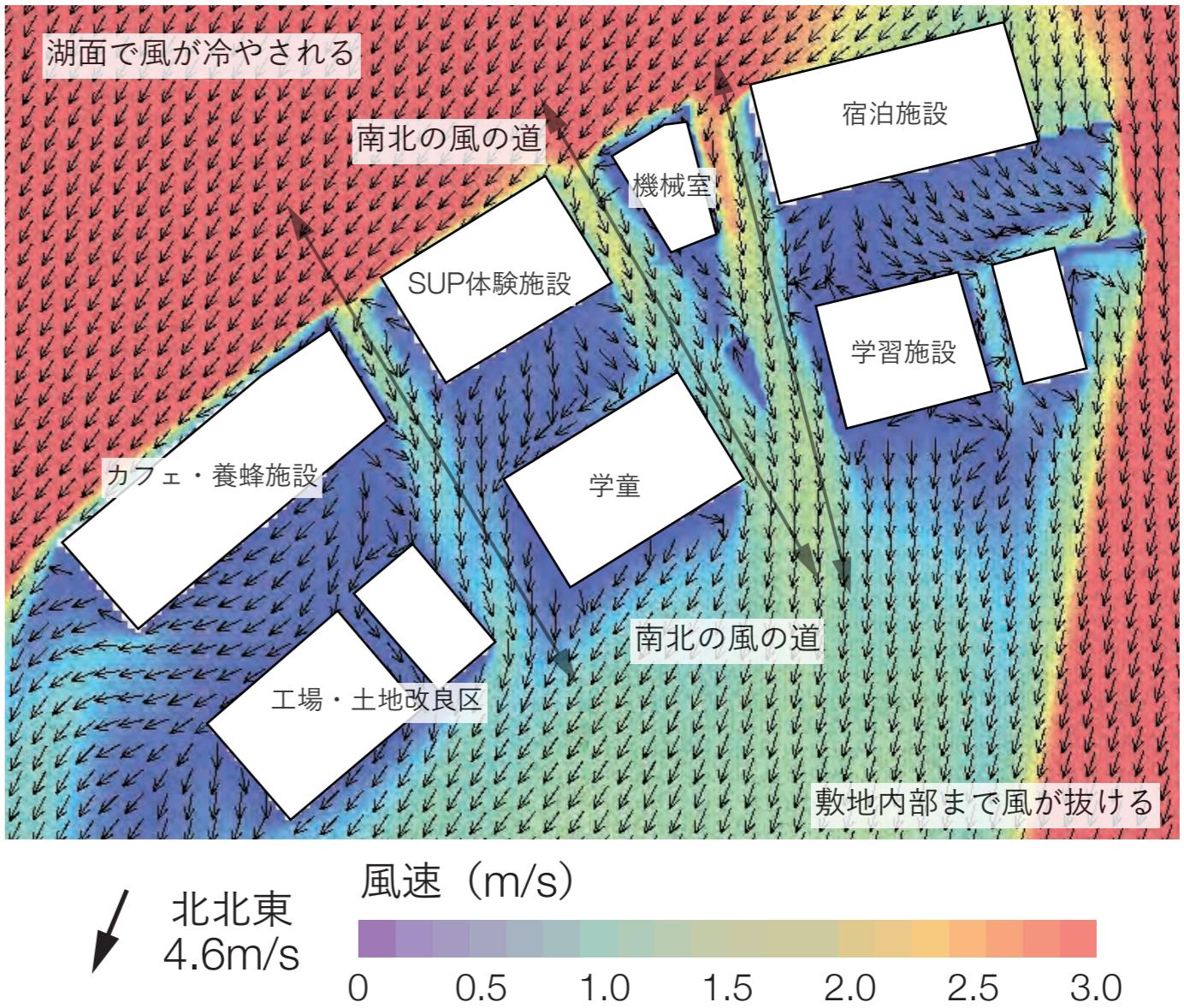
手計算による自然換気の検討（夏期シナリオ）

屋根の日射取得量 $Q_{\text{solar}} = A_{\text{glass}} \times \tau \times I$ (ロールスクリー
の遮蔽効果を τ に反映)、煙突高さ = H 、開口有効面積 = αA
変数として表の条件から反復計算により、
動圧差 $\Delta P = 8.72 \text{ Pa}$ 、換気風量 $Q = 5.52 \text{ m}^3/\text{s}$ を確保した。
これにより、換気回数 $ACH = Q \times 3600 / V = 3.0 \text{ 回 / 時}$

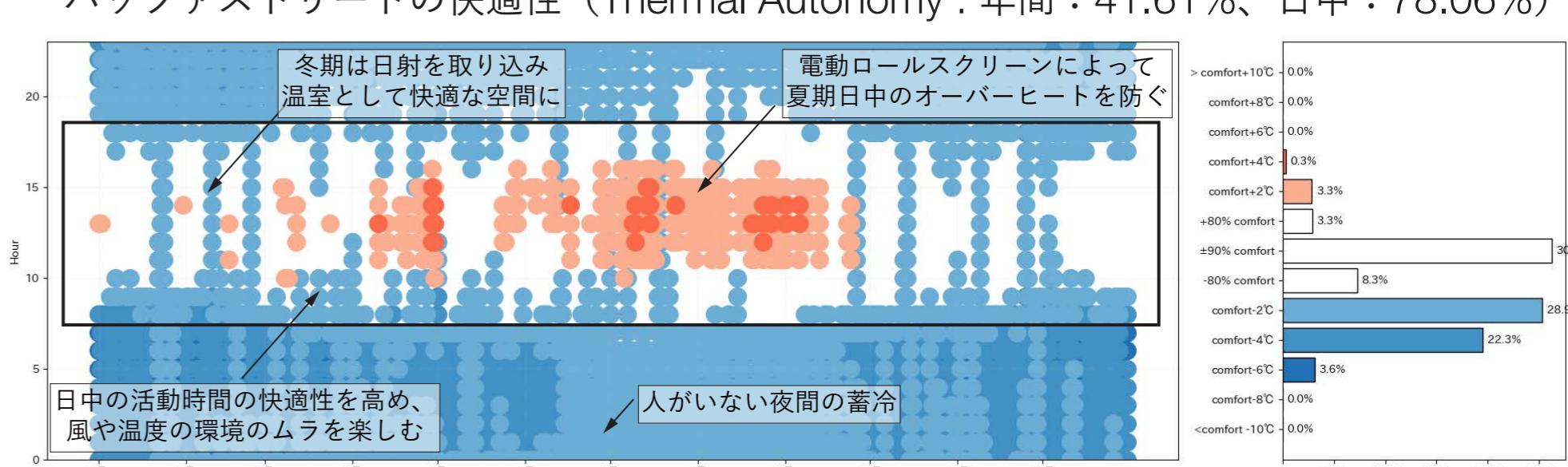
以上の結果から自然換気により、換気塔（ソーラー煙突）によって、空間に対しても十分な換気性能を担保した。湖面の冷風による強制換気と合わせて快適な環境となることを目指した。
細な計算方法は、説明パネルの Python コード参照。

計算条件	
ストリート体積	6590m ²
大屋根ガラス面積	1000 m ²
外気温	35 °C
室内入口温度	34 °C
煙突高さ	15 m
開口有効面積	1.448 m ²
反復計算結果	
出口温度	64.070 °C
煙突効果	14.530 Pa
有効圧力差	8.718 Pa
換気風量	5.515 m ³ /s

07 湖面からの冷風を流す風の道 // Wind Driven Ventilation



08 自然の力を感じるバッファーストリート // Buffer Space



09 効率的なエネルギー利用計画 // Energy Plan

中央バッファ空間の気積導入により、建物全体の熱負荷を約5%削減できることを確認した。また、ため池の涵養効果による地下水を活用した地中熱ヒートポンプで熱源利用する。池の水熱も利用可能だが、季節性や生態系への影響が予測できないことから採用を見送った。

さらに南側屋根には太陽光パネルを設置し、日射エネルギーを活用し、施設エネルギーを補う。



『ため池コンバージョン』説明パネル

01 課題説明 // Overview

○設計提案の概要

この作品は、脱炭素社会実現という時代的要請に対し、地域に眠る環境資源を再発見・再活用する建築的解答として提案するものである。

2024年度の卒業設計に、

- ①環境シミュレーションによる定量的環境把握と検討
- ②修士研究テーマ「バッファ空間」の空間的実装
という2つの軸でプラスアップを加えた。

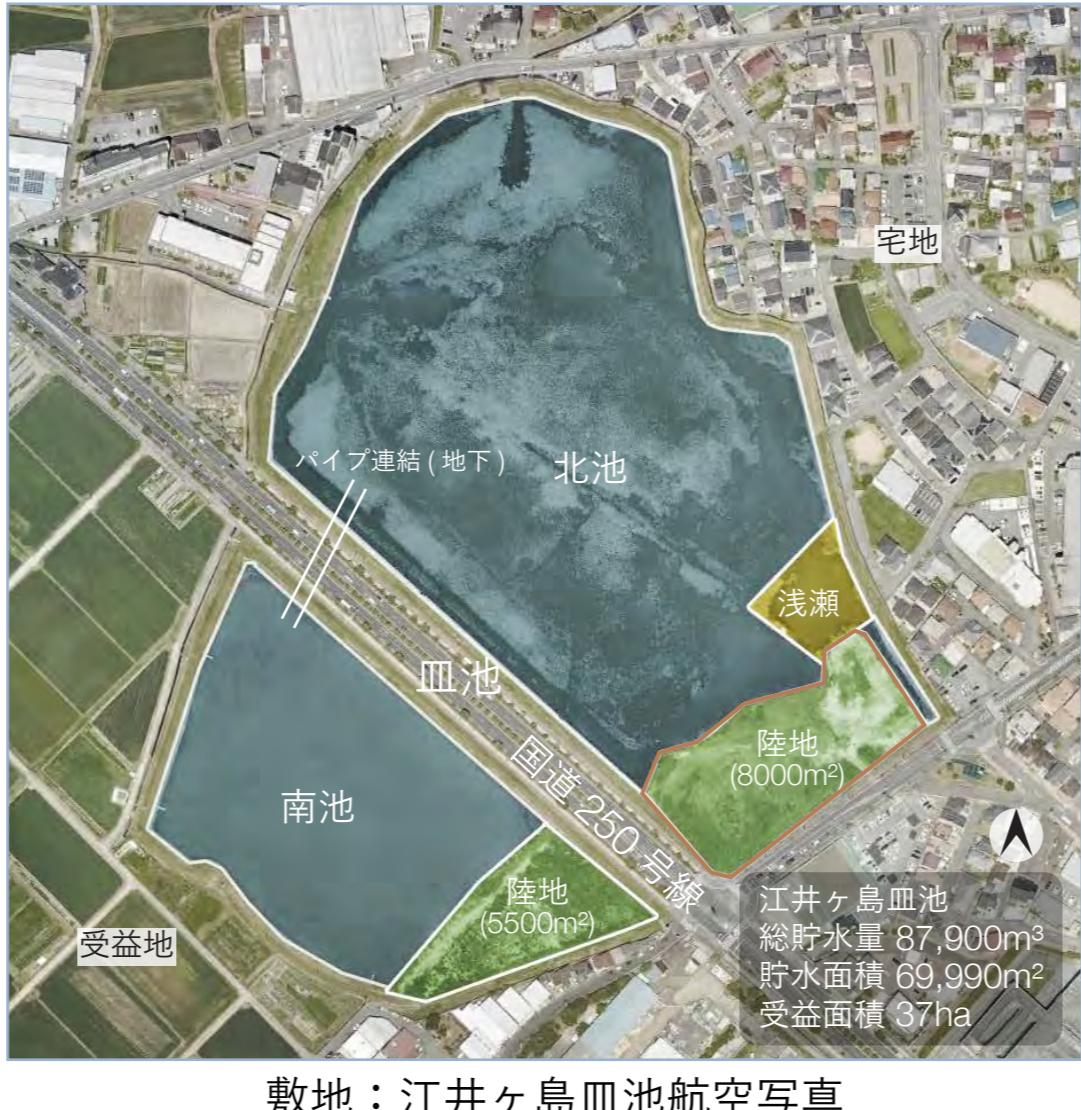
○設計背景と課題意識

消失する地域環境資源への危機意識

現存する日本のため池の多くが農業用途の終了とともに、維持管理費捻出困難により、埋め立てや水上太陽光パネル設置の対象となり、数百年にわたって培われた生態系・景観・農業知が急速に失われている。

新たな建築 - 環境統合システムの可能性

ため池は都市に残された貴重な自然環境であり、同時に未活用の巨大なエネルギー資源を秘めている。本設計は、環境シミュレーションを駆使してこの潜在能力を定量化し、従来の建築設計では到達し得ない新しい建築、エネルギー利用の可能性を見出すことを目的としている。



敷地：江井ヶ島皿池航空写真



02 制作者 // Self-Introduction



個人制作

環境シミュレーション手法 :

- ・気候分析 / 手計算による概算
Excel および Python
- ・自然室温 / 热負荷計算
Climatestudio エナジーモデリング→IDF ファイル編集→Energyplus 23.1
- ・太陽光発電量計算
Climatestudio
- ・風 (CFD) 解析
Rhinoceros でモデリング→Flowdesigner

藤巻大輝

京都工芸繊維大学 工芸科学研究所
建築学専攻 修士 2年

03 模型写真 // Architectural Model Photos

俯瞰写真



湖面での活動

広場での活動



03 解析条件 // Simulation Parameter

○気候分析 (雨温図・風配図)

気象庁、兵庫県明石市アメダス気象データ (2024/01/01-2024/12/31)

* 風配図 自然通風可能時のフィルタリング→4-10月の 9-18 時

○換気量計算 (換気塔による自然換気検討、図 1 コード参照)

複雑な条件では解析ソフトに頼ると正しく計算できているのかわからない。

そのため現象を手計算で簡素化してモデリングし、理解、検討することは重要である。

日射による加熱で空気が温められ、煙突効果によって換気が発生する状況をモデル化
日射取得熱量を入口から出口に流れる空気に与え、出口温度を算出し、その温度差による浮力差圧（煙突効果）と開口条件から換気風量を反復計算で求めた。

→換気回数 ACH = 3.0 回 / 時を目標に、感度解析を行い各種寸法を決定した。

○自然室温・Thermal Autonomy

図 2 のような Energy Model を用いて、Energyplus による計算を行った。

計算の中で重要な条件は、表 1-2 にまとめた。

* バッファ空間の快適性評価 (Adaptive Model)

→7 日間外気移動平均 T_{rm} から快適温度 $T_{comf} = 0.31 \times T_{rm} + 17.8$ を計算

バッファ空間の作用温度と快適温度の差 ΔT を求め、 $\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ を 90% 快適域 $\pm 3.5^{\circ}\text{C}$ を 80% 快適域として、年間 8760 時間分を図にプロットした。

→Thermal Autonomy は、80% 快適域に入る割合で計算 (日中は 8-18 時で算出)

○熱負荷計算

同様の Energy Model で、バッファストリートを設けたモデルとバッファストリートを設けず中庭（屋外）としたモデルの暖房負荷及び冷房負荷を計算し、比較した。

* 空調機器選定を目的としていないため、日中に内部負荷と運転が多いスケジュールのため、冷房負荷中心の結果となった。

○太陽光発電計算

発電効率 15% で概算

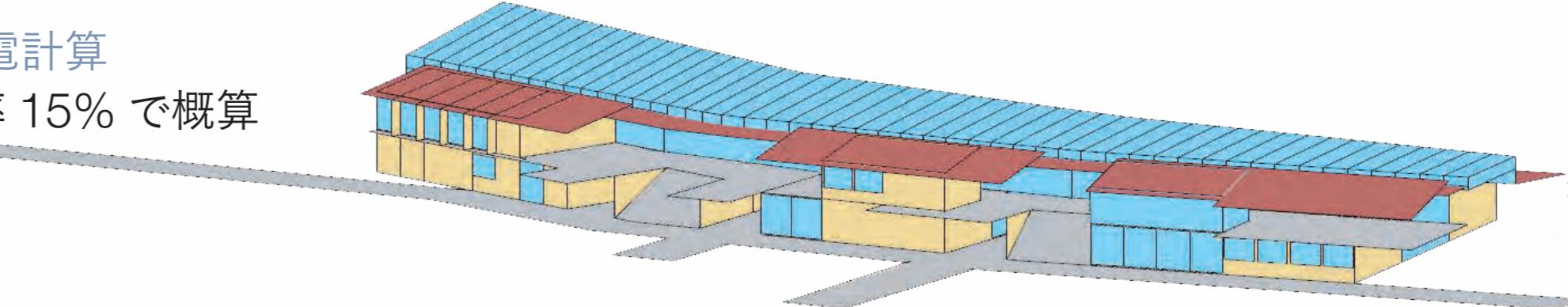
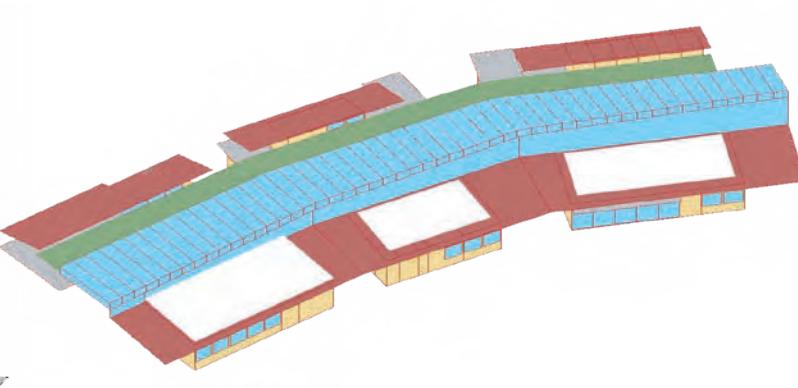


図 2 : Energy Modeling 外観



* 太陽光パネル設置場所

表 1 : 解析条件

項目	内容		
地域・気象データ	JPN_HG_Kobe.477700_TMYx.2009-2023.epw		
設定温度・湿度	冷房	26°C	暖房
空調運転期間	平日(8:00-18:00), 週末(なし)		
人体発熱	0.5人/m²	1.2met	各施設：平日(8:00-18:00), 週末(なし) 宿泊施設：夜間 (18:00-24:00)
機器発熱	2.5 W/m²	人体発熱発生時	
照明発熱	5 W/m²	人体発熱発生時	
換気回数	各室	最小外気量 / 人	2.5 L/s/p
		最小外気量 / 面積	0.3 L/s/m²
自然換気	設定温度	22°C	開口率
電動ロールスクリーン	遮蔽率	75%	期間
			5 - 10月

表 2 : 物性値条件

部位	材料名 (外・内)	厚み(mm)	熱伝導率(W/m·K)	U 値(W/m²·K)
屋根	スレート	5	1.11	0.365
	合板	12	0.15	
	スタイロフォーム	100	0.04	
	石膏ボード	12	0.73	
外壁	サイディング	15	0.09	0.336
	スタイロフォーム	105	0.04	
	石膏ボード	12	0.73	
内壁	石膏ボード	12.5	0.73	3.261
	空気層	—	—	
床	石膏ボード	12.5	0.73	0.436
床	合板	24	0.15	0.436
ガラス	Low-E	—	—	1.49

表 3 : CFD 解析条件

解析対象	解析対象:速度(流体:空気)
モード	定常解析(収束半径-3.5)
乱流モデル	高レイノルズ数型 $k-\epsilon$ モデル(k, ϵ :プログラムオート)
解析領域	350 × 350 × 20m
メッシュ	約1000万
入力風向	北北東
風速	地上10mにおいて 4.6 m/s (外気平均風速)
対象区域	郊外住宅地(地表面粗度区分III、 $\alpha=0.2$)

○風解析

図 3 のようなメッシュを作成し、風力換気による風の流れを確認した。

解析条件は表 3 のとおり。
池の大きな面積は、風を遮るものがないため風通しが非常によく、風の力を大いに利用できる環境ポテンシャルの非常に大きな場所である。

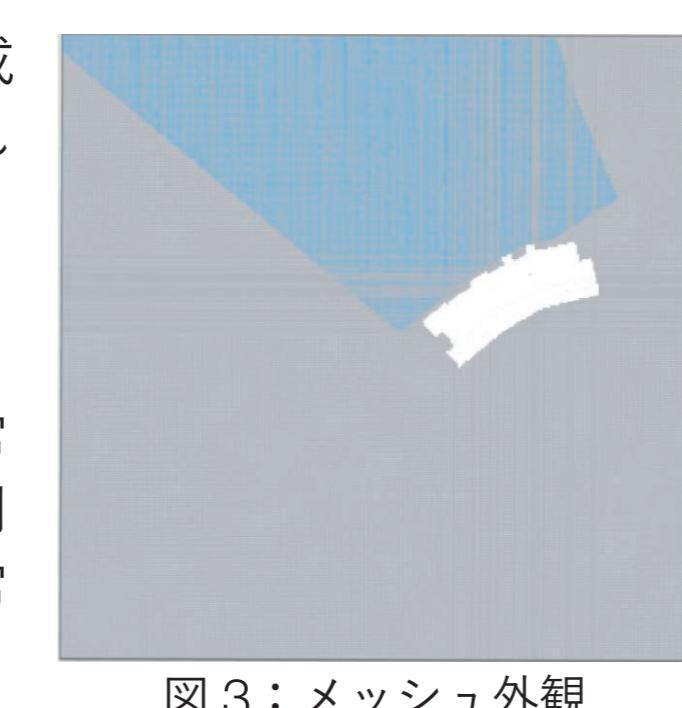


図 3 : メッシュ外観

```

import math

# 入力値 (ラムダーメータ)
H = 15.6 # 烟突高さ [m]
A_glass = 1000.0 # ガラス面積[m²]
C_d = 2.0 # ガラスの伝透率
# パラメータ
T_out = 35.0 # 外気温度 [°C]
I = 800.0 # 日射強度[W/m²]
T_enter = 34.0 # 入口温度[°C]
loss_coeff = 0.0 # 换気係数
Q_guess = 1.0 # 初期換気風量[m³/s]
V = 6590.65184 # 建物の体積[m³]

# 開口条件
openings = [
    {"Cd": 0.8, "A": 20}, # 開口1
    {"Cd": 0.8, "A": 6.8}, # 開口2
    {"Cd": 0.8, "A": 6.8}, # 開口3
    {"Cd": 0.8, "A": 6.8}, # 開口4
    {"Cd": 0.8, "A": 6.8}, # 開口5
    {"Cd": 0.8, "A": 6.8}, # 開口6
    {"Cd": 0.8, "A": 6.8}, # 開口7
    {"Cd": 0.8, "A": 3.4}, # 開口8
    {"Cd": 0.8, "A": 3.4}, # 開口9
]

a_list = [op["Cd"] * op["A"] for op in openings]
sum_a_inv = sum(1.0/(vat**2) for val in a_list)
a_leq = 1.0 / math.sqrt(sum_a_inv)

# 定数
p_over_R = 353.0 # p/R (Pa/K)
g_excl = 9.8 # 重力加速度[m/s²]
rho_ref = 1.2 # 空気密度[kg/m³]
cp = 1005.0 # 空気の比熱[J/(kg·K)]
coef_Q = 1.29 # 風量係数[m³/(s·m·Pa·0.5)]

# 日射取得
Q_solar = A_glass * tau * I

# 反応計算
Q = Q_guess
tol = 1e-12
max_iter = 5000

for i in range(max_iter):
    T_exit = T_enter + Q_solar / (rho_ref * cp + 0)
    deltaP_stack = H * g_excl * (p_over_R / (273 + T_out) - p_over_R / (273 + T_exit))
    deltaP_avail = deltaP_stack * loss_coeff
    Q_new = coef_Q * a_leq * math.sqrt(max(deltaP_avail, 0.0))

    if abs(Q_new - Q) < tol:
        Q = Q_new
        break
    Q = Q_new

# 换気回数計算
ACH = Q * 3600 / V

# 結果出力
print(f'有効開口面積 A_leq = {a_leq:.3f} m²')
print(f'出口温度 T_exit = {T_exit:.3f} °C')
print(f'煙突効率 AP_stack = {deltaP_stack:.3f} Pa')
print(f'換気風量 Q_avail = {deltaP_avail:.3f} Pa')
print(f'換気風量 Q = {Q:.3f} m³/s')
print(f'換気回数 ACH = {ACH:.2f} 回/h')

# 
```

図 1 : 自然換気検討コード