外断熱建物の温度性能および耐久性能調査委員会

報告書

令和２年３月

（一社）　北海道建築技術協会

外断熱建物の温度性能および耐久性能調査委員会
委員構成

委員長	足立　裕介	北海学園大学
幹　事	平川　秀樹	アーキインネクスト
委　員	北垣　亮馬	北海道大学
	小浦　孝次	株式会社 JSP
	駒木根洋一	一般社団法人北海道建築技術協会
	佐藤　潤平	株式会社アイテック
	谷口　円	地方独立行政法人北海道立総合研究機構 建築研究本部　北方建築総合研究所
	松井　為人	株式会社サンキット・エーイー
	吉野　利幸	一般社団法人北海道建築技術協会

目　　次

§1　はじめに

1.1　本委員会の背景および目的 ---------- 1
1.2　調査対象建築物概要 ---------- 2
1.2.1　建築物Ａ ---------- 2
1.2.2　建築物Ｂ ---------- 8
1.2.3　建築物Ｃ ---------- 10
1.2.4　建築物Ｄ ---------- 12

§2　温度性能調査(建築物 A)

2.1　調査方法 ---------- 14
2.2　調査結果および考察 ---------- 15
2.2.1　全期間の測定結果と考察 ---------- 15
2.2.2　各月度の測定結果と考察 ---------- 18
2.2.3　冬期の測定結果と考察 ---------- 31
2.2.4　夏期の測定結果と考察 ---------- 44

§3　耐久性能調査

3.1　調査方法 ---------- 57
3.2　調査結果及び考察 ---------- 67
3.2.1　建築物Ｂ ---------- 67
2.2.2　建築物Ｃ ---------- 86
2.2.3　建築物Ｄ ---------- 108

§4　まとめ ---------- 121

§1　はじめに

1.1　本委員会の背景および目的

平成 28 年度～29 年度に設置された「外断熱耐久性調査委員会」では、(地独)道総研北方建築総合研究所にて実施されたプロジェクトに同行する形で 2 件の外断熱建物破壊調査を実施し、それらを整理することで、現状を把握するとともに各種問題点と課題を明らかにすることができた。また、無人状態の建物において温熱環境測定を実施することで、外断熱の効果について新たな知見を得ることもできた。

しかし、調査結果をもとに温熱性能や耐久性能の評価を行っていくためには、調査結果の蓄積が重要であることから、継続的に調査を実施していくことが必要である。

また、調査対象となる解体前の建物に残される時間はわずかであるため、調査への協力依頼等を事前に行い、円滑な調査実施体制を整えておく必要がある。

本委員会は、既存建物調査で得られた結果の蓄積により評価手法を確立するとともに調査結果を技術者にフィードバックすることで、外断熱技術の向上と外断熱建物の普及に寄与・貢献することを目的とする。

1.2　調査対象建築物概要

1.2.1　建築物Ａ

所　在　地　：　上川総合振興局管内
構　　造　：　壁式鉄筋コンクリート造（当時の北海道標準設計）
規　　模　：　地上 4 階建
住　戸　数　：　24 戸(基準階住戸数：6 戸)
専有部床面積　：　約 1300m^2
竣　工　年　：　昭和 49 年（45 年経過）
外断熱改修年　：　昭和 59 年頃*（35 年程経過）
南面を除く外壁 3 面に施工
*平成 28 年度に調査を行った隣接する棟の外断熱施工年が昭和 59 年であり、この前後の年度に改修が行われていると推定される。
外断熱工法名　：　東洋ＦＲＣ断熱パネル外断熱工法*（既存外壁面に接着材とビスの併用で、ＦＲＣ断熱パネル（t=58）を張り付け）
*調査時は供用中であり、破壊を伴う調査を行うことができないため、平成 28 年度に調査を行った隣接する棟の仕様と同等と推定した。
解　体　年　：　未定

住戸床面積	54.17 ㎡
住戸壁面積	
北東	17.24 ㎡（内開口部：3.40 ㎡）
南東	19.66 ㎡
南西	20.36 ㎡（内開口部：4.64 ㎡）
北西	19.66 ㎡
*玄関ドア 1.44 ㎡は、住戸位置により南東あるいは北西面の、階段室に面する壁 9.83 ㎡に設置される。	

改修前の主な断熱仕様等	屋根：内断熱 XPS1 種 75 ㎜打込（木造の置き屋根あり） 外壁：内断熱 GW10ｋ50 ㎜（防湿フィルムは躯体側にあり） 床　：畳部分は断熱無し、板張り部分は不明（恐らく無し） （1 階は床下換気あり） 窓　：引違いアルミサッシ　単板ガラス　＋　ガラス障子 断熱補強：スラブ下 XPS1 種 25 ㎜、スラブ上は不明（恐らく無し） 暖房：原仕様は石炭ストーブ 換気：自然換気 熱損失係数（換気回数 0.5 回/h として） 101、106 号室：3.80 W/m^{2}K 102～105 号室：3.50 W/m^{2}K 201、301、206、306 号室：2.40 W/m^{2}K 202～205、302～305 号室：2.10 W/m^{2}K 401、406 号室：2.86 W/m^{2}K 402～405 号室：2.57 W/m^{2}K 平均：2.45 W/m^{2}K

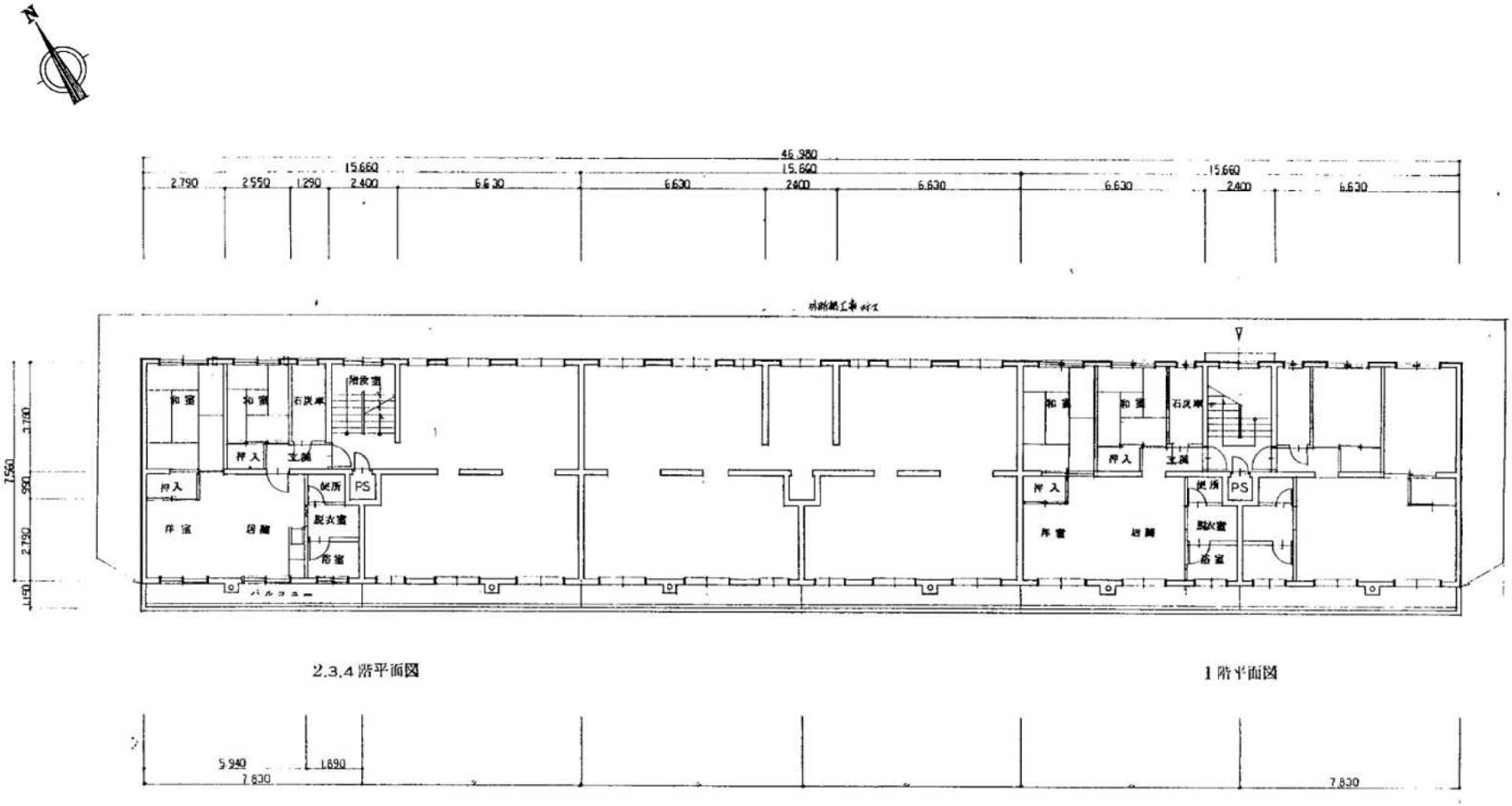
改修後の主な断熱仕様等	屋根：既存のまま 外壁：外断熱改修 外断熱複合板（ロックセルボード 60 ㎜＋セメント板 9 ㎜）を北東、南西、南東の 3 面に施工。 断熱材は XPS1 種仕様と考えられたが、施工当時、外断熱工法の防火規制対応のため、XPS による認定取得までの間、ロックセルボード（不燃認定取得）を暫定的に使用していたことによる。この暫定措置は、道の指導によるとのこと。 その他 住戸によっては、北側壁、妻壁に、吹き付けウレタン 50 ㎜程度が施工されていた。おそらく、寒さや結露の対策として、空き住戸となった段階で、既存の GW を取り除いて施工されたものと考えられる。 *調査時は供用中であり、破壊を伴う調査を行うことができないため、平成 28 年度に調査を行った隣接する棟の仕様と同等と推定した。 床　：既存のまま 窓　：　〃 暖房：北海道では一般的に昭和 40 年代頃から、暖房熱源が石炭から石油へ切り替えが進んでいることから、改修時には石油ストーブや石油ファンヒーターの使用がされていたと考えられる。 換気：既存のまま 熱損失係数（換気回数 0.5 回/h として） 101、106 号室：3.39 W/m²K 102～105 号室：3.26 W/m²K 201、301、206、306 号室：1.99 W/m²K 202～205、302～305 号室：1.86 W/m²K 401、406 号室：2.46 W/m²K 402～405 号室：2.32 W/m²K 平均：2.18 W/m²K

対象建物全景

写真 1.1　北東面全景

写真 1.2　北西面全景

写真 1.3　南西面全景



2.3.4 階平面図

1 階平面図

図 1.1　基準階平面図

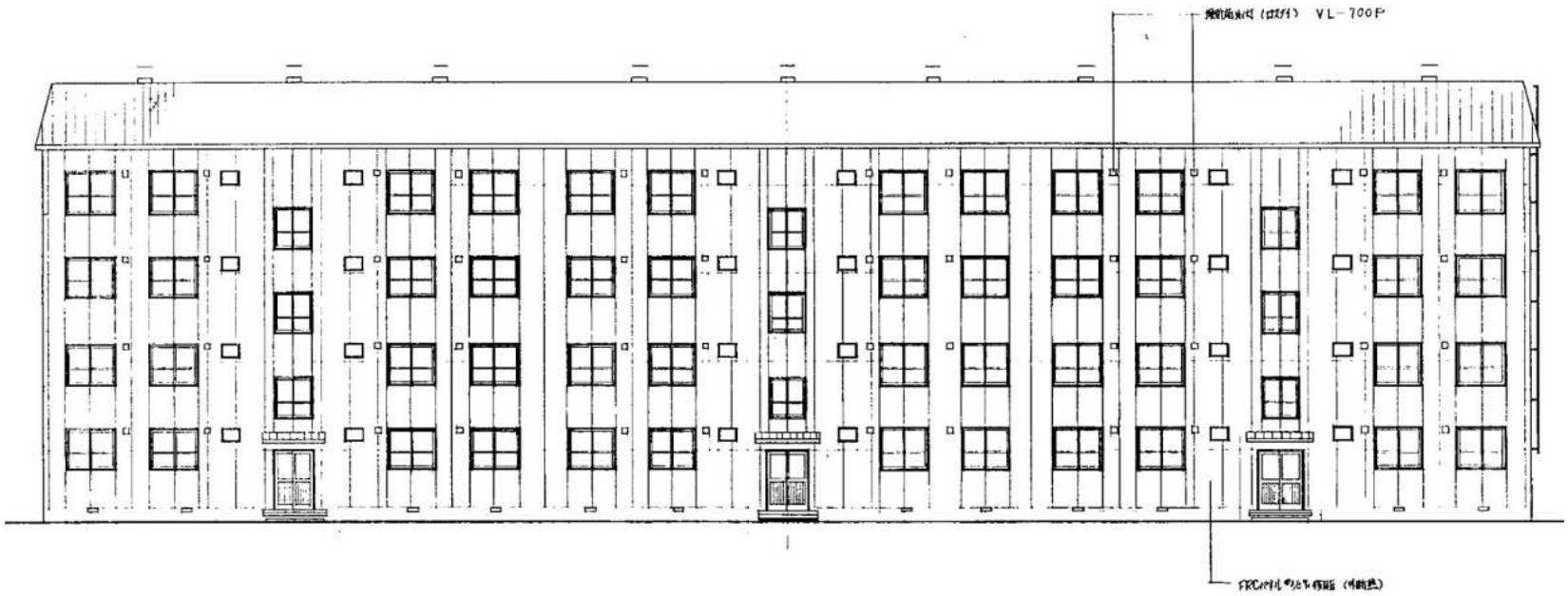


図 1.2　北東立面図

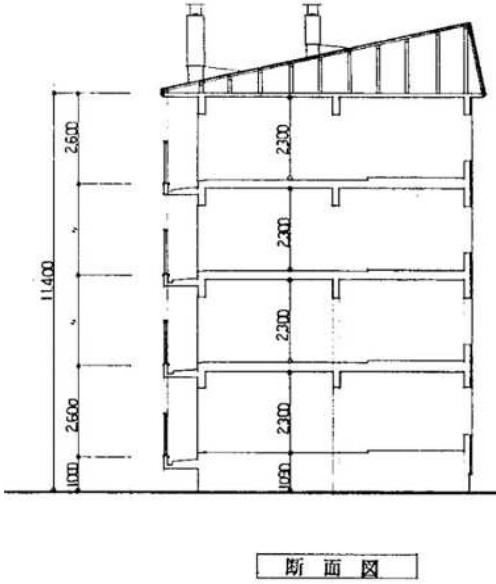


図 1.3　断面図

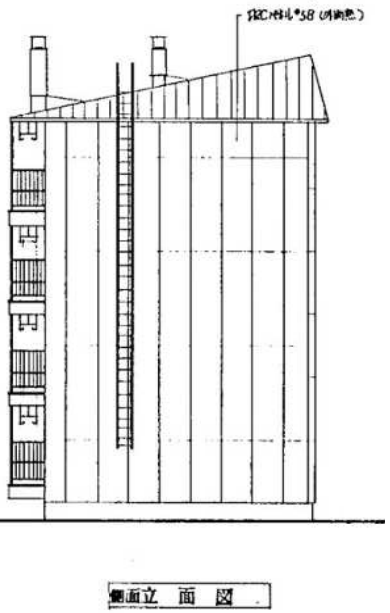


図 1.4　南東立面図

1.2.2　建築物Ｂ

所　在　地　：　石狩総合振興局管内
構　　造　：　壁式鉄筋コンクリート造（当時の北海道標準設計）
規　　模　：　地上 5 階建
住　戸　数　：　20 戸(基準階住戸数：4 戸)
延べ床面積　：　約 1100m^2
竣　工　年　：　昭和 49 年（調査時 44 年経過）
外断熱施工年　：　昭和 60～63 年（調査時 30～33 年経過）と考えられる
　　両妻面(南西面および北東面)に施工
外断熱工法名　：　外断熱パネル工法(繊維混入セメント板 t 12+FP 板 t38)の上、防水塗装(EP リシン)スプレー2 回
一般外壁：合板型枠コンクリート打放しの上防水塗装(EP リシン)スプレー2 回
屋根：木造置屋根
庇・バルコニースラブ下・壁：一般外壁と同様
内部の断熱仕様：グラスウール 50ｍｍまたは発泡樹脂板 25ｍｍ・38ｍｍ打込み
　　断熱補強の形跡が見られる。

対象建築物全景

写真 1.2.2.1　南東面全景

写真 1.2.2.2　北東面全景

写真 1.2.2.3　北西面全景

写真 1.2.2.4　南西面全景

写真 1.2.2.5、1.2.2.6　内部壁撤去後の状況。断熱補強の形跡が見られる。

1.2.3　建築物Ｃ

所　在　地　：　オホーツク総合振興局管内
構　　造　：　壁式鉄筋コンクリート造
規　　模　：　地上 4 階建
住　戸　数　：　12 戸(基準階住戸数：3 戸)(平成 5 年改修)
延べ床面積　：　約 1100m^2
竣　工　年　：　昭和 41 年（調査時 53 年経過）
外断熱施工年　：　昭和 55 年（調査時 39 年経過）と考えられる
東面、西面、北面は全面、南面は端部のみに施工
外断熱工法名　：　YBEX 工法(EPS(厚さ 100 ㎜)ダンゴ貼り、メッシュシート 2 枚貼り+プラスチックファスナー留めの上、透湿弾性吹付タイル仕上げ)
一般外壁：モルタル刷毛引きの上リシン吹付け、その上に吹付タイル改修
屋根：片面カラー長尺鉄板(厚さ 0.35 ㎜)蟻掛葺き、下地アスファルトルーフィング 22 k 野地板
バルコニー床：防水モルタル塗り
バルコニースラブ下：一般外壁と同じ
内部の断熱仕様：北側は断熱無し
(グラスウールを改修時に撤去したものと推察される)
南側は木毛板(厚さ 10mm)＋ウレタン吹付け(厚さ 30mm 程度)
(ウレタンは改修時に施工されたものと推察される)

<u>改修履歴</u>
平成 5 年度住戸改善工事：隣接住戸との戸境壁を撤去し、2 住戸を 1 住戸に変更する工事

対象建築物全景

写真 1.2.3.1　東面全景

写真 1.2.3.2　北面全景

写真 1.2.3.3　西面全景

写真 1.2.3.4　南面全景

写真 1.2.3.5　北面内部乾式仕上げ撤去後状況。断熱無し。

写真 1.2.3.6　南面採取コア写真。木毛板+モルタルの上にウレタン吹付が見られる。

1.2.4　建築物Ｄ

所　在　地　：　オホーツク総合振興局管内
構　　造　：　壁式鉄筋コンクリート造
規　　模　：　地上 4 階建
住　戸　数　：　20 戸(基準階住戸数：5 戸)(平成 6 年改修)
延べ床面積　：　1588.06㎡
竣　工　年　：　昭和 44 年（調査時 50 年経過）
外断熱施工年　：　昭和 55 年（調査時 39 年経過）と考えられる
東面、西面、北面は全面、南面は端部のみに施工
外断熱工法名　：　不明(ウレタン吹付け(厚さ 50 ㎜)、木下地の上に、繊維混入セメントケイ酸カルシウム板(900 ㎜×2700 ㎜)厚さ 12㎜ 目止め板の上合成樹脂エマルジョン系吹付タイル E

一般外壁：モルタル刷毛引きの上リシン吹付け、その上に吹付タイル改修
屋根：片面カラー長尺鉄板(厚さ 0.35 ㎜)蟻掛葺き、下地アスファルトルーフィング 22 k 野地板
バルコニー床：防水モルタル塗り
バルコニースラブ下：一般外壁と同じ
内部の断熱仕様：北側は断熱無し
(グラスウールを改修時に撤去したものと推察される)
南側は木毛板(厚さ 10mm)＋ウレタン吹付け(厚さ 30mm 程度)
(ウレタンは改修時に施工されたものと推察される)

<u>改修履歴</u>

平成 6 年度住戸改善工事：隣接住戸との戸境壁を撤去し、2 住戸を 1 住戸に変更する工事。外断熱部分の外壁は木下地の上、角波カラー鉄板であったが、本工事にて角波カラー鉄板を撤去し繊維混入セメントケイ酸カルシウム板に変更している。

対象建築物全景

写真 1.2.4.1　東面全景

写真 1.2.4.2　北面全景

写真 1.2.4.3　西面全景

写真 1.2.4.4　南面全景

§2　温度性能調査（建築物 A）

2.1　調査方法

建築物 A の非入居住戸に自動記録温度計（おんどとり）を設置し、室内温度（自然室温）の測定を行った。室内温度は主に、断熱性能、換気量、暖房用エネルギー消費量、日射取得熱、その他の人体や生活等によって発生する熱等から決定されるが、入居がある状況では、暖房運転状況や在室状況など、入居者の生活状況に大きく影響されるため、純粋に建物の断熱性能によって、どれだけの室内温度の向上が実際に図られているのかは非常に見えにくい。本調査は、非入居住戸の測定結果から、断熱性能の室内温度向上に寄与する効果を明らかにすることを目的としている。**図 2.1** に自動記録温度計の設置住戸を示す。全 24 戸の内、7 戸が入居住戸であったが、17 戸の非入居住戸の内、11 戸に自動記録温度計を設置した。

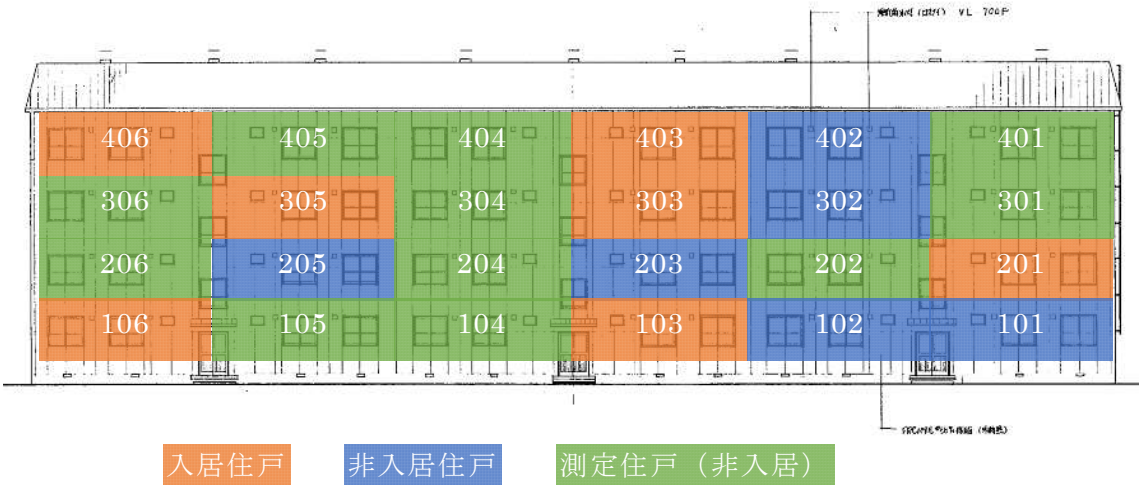


図 2.1　自動記録温度計の設置住戸（北西面立面図）

自動記録温度計は各住戸に 1 台、バルコニーに面した居間にある押し入れの中段（床からの高さ 70cm）に設置し、1 時間毎に温湿度の記録を行うよう設定した。温度計の設置箇所を**図 2.2** に示す。測定は 2019 年 1 月 18 日から開始、2020 年 3 月 16 日現在も測定中で、解体の直前まで実施する予定である。なお、押し入れの襖は、居間側と、隣室である和室側にも設けられており、測定時はすべて開放した状態で行った。

図 2.2　温度計の設置箇所（基準階平面図）

外気温度等の気象データは、旭川気象台のアメダス観測データを用いた。図 2.3 に、旭川気象台と測定対象建物の位置関係を示す。

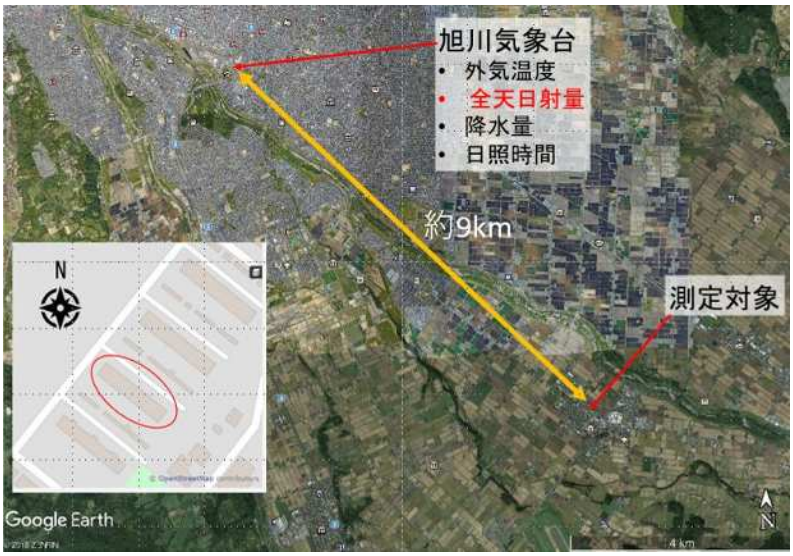


図 2.3　旭川気象台と測定対象建物の位置関係

2.2　調査結果および考察

2.2.1　全期間の測定結果と考察

全測定期間における測定データの統計値を表 2.1 に示す。最下階である 1 階ほど、平均値は低くなる傾向が見られる。最低値を見ると、階下が入居住戸の場合、301 号室や 405 号室のように、最低値は比較的高くなる傾向が見られる。また、階上が入居住戸である 306 号室の最低値も比較的高い。しかし、隣室が入居住戸の場合は、上下階が入居住戸の場合ほど最低値は高くなっていない。これは、入居住戸と接する部分の面積が、上下階の場合は 54.17 ㎡であるのに対し、隣室の場合は 19.66 ㎡（あるいは 9.83 ㎡）と半分以下であり、その分、入居住戸からの熱供給少ないためと考えられる。

測定した全住戸の平均室温および平均湿度（容積絶対湿度）の推移を図 2.4 に示す。平均室温は、測定期間を通して、ほとんどが外気温度より高くなる傾向である。室内絶対湿度は、冬期においては外気と同程度であるが、夏期においては外気よりも低くなる傾向で、7 月末から 8 月初めの盛夏においては半分程度であった。

表 2.1　全測定期間における測定データの統計値

		外気	104 号室	105 号室	202 号室	204 号室	206 号室
階下・隣室等の入居状況			隣室	隣室	隣室		階下
気温 ℃	平均値	10.6	14.7	14.8	15.9	15.9	17.4
	標準偏差	10.90	8.35	8.30	8.61	8.52	7.10
	最低値	-19.6	-3.6	-4.1	-3.3	-2.9	-0.8
	25%値	1.4	7.1	7.1	8.3	8.4	11.6
	中央値	12.9	17.6	17.6	18.4	18.5	18.8
	75%値	19.2	21.8	21.7	23.1	23.0	23.1
	最高値	34.0	28.4	28.2	30.1	29.9	30.2
絶対湿度 g/m3	平均値	8.46	7.60	7.39	6.48	6.58	6.12
	標準偏差	4.946	3.180	3.174	2.954	2.860	2.524
	最低値	0.94	1.93	1.72	1.45	1.48	1.58
	25%値	3.81	4.53	4.18	3.61	3.83	3.71
	中央値	8.15	7.94	7.72	6.52	6.69	6.24
	75%値	12.23	10.08	9.88	8.79	8.83	7.98
	最高値	23.14	15.33	15.41	14.78	14.62	13.95

表 2.1　全測定期間における測定データの統計値（続き）

		301 号室	304 号室	306 号室	401 号室	404 号室	405 号室
階下・隣室等の入居状況		階下	隣室 2 室	隣室 階上		隣室	隣室 階下
気温 ℃	平均値	17.8	16.8	17.9	16.4	17.2	19.0
	標準偏差	7.94	8.37	7.08	9.37	8.81	7.23
	最低値	1.0	-2.2	0.9	-4.0	-2.2	1.0
	25%値	10.7	9.7	11.9	8.0	9.6	13.3
	中央値	19.6	19.1	19.6	18.7	19.3	20.8
	75%値	24.5	23.7	23.6	24.2	24.4	24.7
	最高値	31.3	30.7	30.1	32.4	32.5	32.0
絶対湿度 g/m3	平均値	6.77	6.58	6.57	7.39	7.03	6.62
	標準偏差	2.82	2.71	2.47	3.23	2.91	2.40
	最低値	1.53	1.49	1.75	1.51	1.64	1.67
	25%値	3.99	3.99	4.22	4.33	4.28	4.39
	中央値	7.03	6.75	6.81	7.40	7.23	6.95
	75%値	9.13	8.70	8.47	10.13	9.41	8.45
	最高値	14.70	15.86	14.65	15.91	16.45	13.56

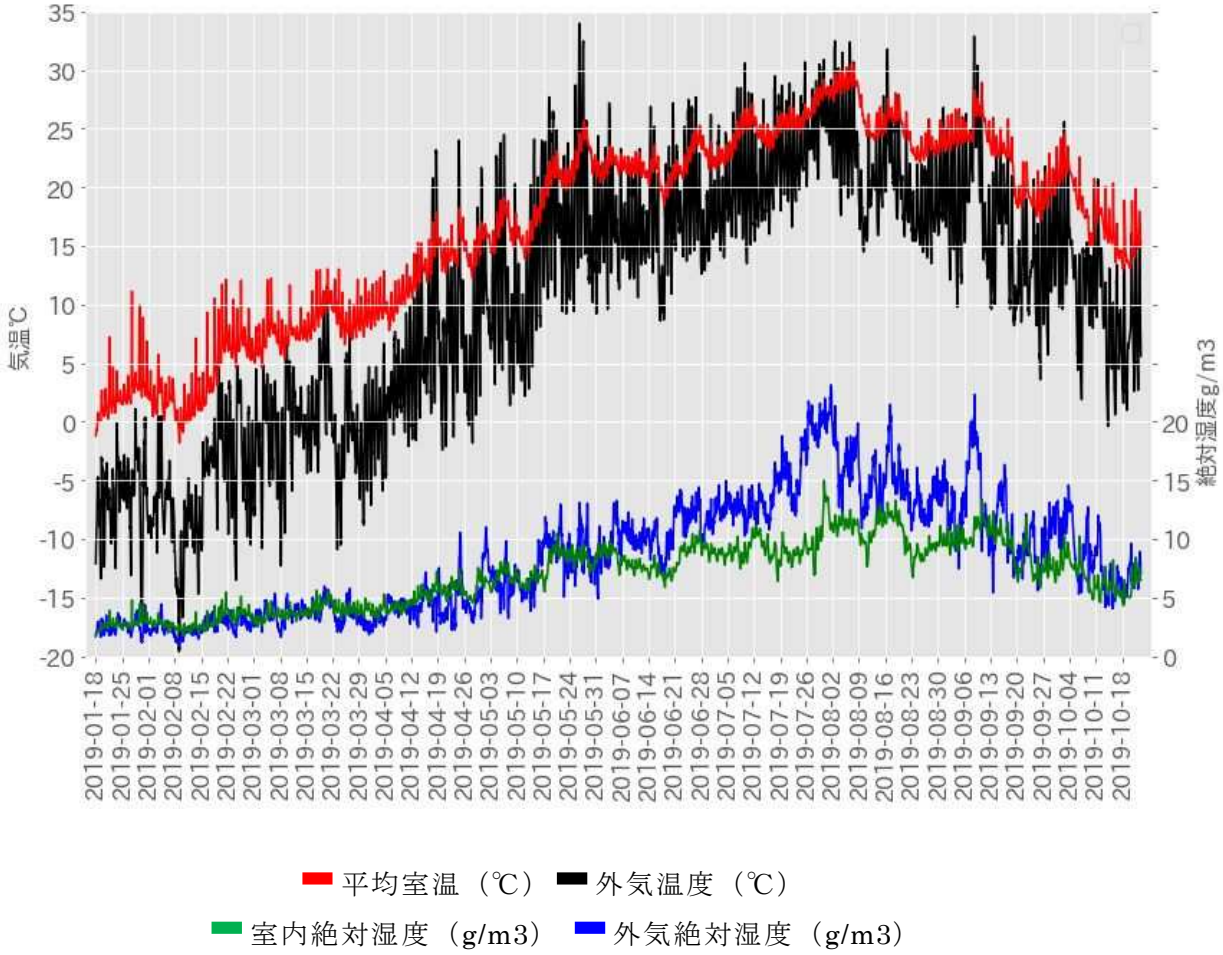


図 2.4　全住戸平均室温および平均湿度（容積絶対湿度）の推移

2.2.2　各月度の測定結果と考察

1 月から 9 月の各月度ごとに測定結果を示す。表 2.2 に、各月度の期間を示す。

表 2.2　各月度の期間

月度	期間（測定年：2019 年）
1 月度	1 月 18 日～2 月 17 日
2 月度	2 月 18 日～3 月 17 日
3 月度	3 月 18 日～4 月 17 日
4 月度	4 月 18 日～5 月 17 日
5 月度	5 月 18 日～6 月 17 日
6 月度	6 月 18 日～7 月 17 日
7 月度	7 月 18 日～8 月 17 日
8 月度	8 月 18 日～9 月 17 日
9 月度	9 月 18 日～10 月 17 日

1 月度の外気と全住戸平均温湿度の推移を図 2.5 に、それらの時刻別平均を図 2.6 に示す。この期間の平均外気温度は－7.1℃、全住戸平均室温は 2.0℃、平均内外温度差は 9.0℃であった。室温の平均日変動は 1.0～4.2℃（変動幅は 3.2℃）で、外気の変動幅 4.7℃（－9.4～－4.7℃）よりも 1.5℃小さかった。全住戸平均室温は 80%が 0.2～3.6℃の範囲にあった。この期間の平均外気絶対湿度 2.44g/m3 に対し、全住戸平均絶対湿度は 2.65g/m3 と同程度であり、内外湿度差は 0.21g/m3 とわずかに室内の方が高かった。

2 月度の外気と全住戸平均温湿度の推移を図 2.7 に、それらの時刻別平均を図 2.8 に示す。この期間の平均外気温度は－1.4℃、全住戸平均室温は 7.2℃と、いずれも前月度より 5～6℃程度の上昇が見られた。平均内外温度差は 8.6℃と、前月度から大きく変わってはいないが、外気温度の変動幅が大きくなったことから、夜間の内外温度差は大きく、日中は小さくなるという傾向となった。室温の平均日変動は 6.0～9.5℃（変動幅は 3.5℃）と前月と同程度であったが、外気の変動幅は 7.5℃（－5.2～2.3℃）と大きくなる傾向が見られた。全住戸平均室温は 80%が 5.4～9.0℃の範囲にあった。この期間の平均外気絶対湿度 3.36g/m3 に対し、全住戸平均絶対湿度は 3.52g/m3 と同程度であり、内外の湿度差は 0.16g/m3 とわずかに室内の方が高かい傾向は前月と同様であるが、湿度の絶対値は前月度よりも高くなった。

3 月度の外気と全住戸平均温湿度の推移を図 2.9 に、それらの時刻別平均を図 2.10 に示す。この期間の平均外気温度は 1.9℃、全住戸平均室温は 10.3℃と、いずれも前月度より 3℃程度の上昇が見られた。平均内外温度差は 8.4℃と、前月度までの傾向と大きく変わってはいない。室温の平均日変動は 9.2～12.1℃（変動幅は 2.9℃）と前月までと同程度であるが、外気の変動幅は 8.3℃（－2.2～6.1℃）とさらに大きくなる傾向であった。全住戸平均室温は 80%が 8.0～13.0℃の範囲にあった。この期間の平均外気絶対湿度 3.89g/m3 に対し、全住戸平均絶対湿度は 4.31g/m3 で、内外の湿度差は 0.42g/m3 とわずかに室内の方が高かい傾向は前月までと同様であるが、湿度の絶対値は前月度よりもさらに高くなった。

4 月度の外気と全住戸平均温湿度の推移を図 2.11 に、それらの時刻別平均を図 2.12

に示す。この期間の平均外気温度は 10.1℃、全住戸平均室温は 15.7℃と、平均外気温度の前月からの上昇は 8.2℃であったのに対し、全住戸平均室温は 5.4℃の上昇で、いずれも同程度の上昇であった前月度までと異なり、外気温度の上昇の方が大きくなった。平均内外温度差は 5.6℃とこれまでの月度よりも小さく、とくに日中においては平均で 1℃程度の差まで縮まり、外気温度の方が室温よりも高くなる時間帯が多く現れるようになった。室温の平均日変動は 14.9～16.8℃（変動幅は 1.9℃）と小さくなったが、逆に外気の変動幅は 11.9℃（4.0～15.9℃）と、前月までよりさらに大きくなった。全住戸平均室温は 80%が 13.7～18.0℃の範囲にあった。この期間の平均外気絶対湿度 5.92g/m3 に対し、全住戸平均絶対湿度は 6.22g/m3 で、内外の湿度差は 0.30g/m3 とわずかに室内の方が高かい傾向は前月までと同様であるが、外気温度の上昇に従って、湿度の絶対値は前月度までよりもさらに高くなる傾向となった。

5 月度の外気と全住戸平均温湿度の推移を図 2.13 に、それらの時刻別平均を図 2.14 に示す。この期間の平均外気温度は 17.4℃、全住戸平均室温は 21.7℃と、平均外気温度の前月からの上昇は 7.3℃であったのに対し、全住戸平均室温は 6.0℃の上昇であった。平均内外温度差は 4.3℃となり、これまでの月度よりもさらに小さくなり、とくに日中の午後においては、内外温度差はほとんどない状況となった。室温の平均日変動は 21.1～22.5℃（変動幅は 1.4℃）とさらに小さくなり、全住戸平均室温の 80%が 20.4～23.2℃の 3℃程度の範囲に入るようになった。この期間の平均外気絶対湿度 9.49g/m3 に対し、全住戸平均絶対湿度は 8.24g/m3 で、いずれも前月から大きく上昇し、ここで初めて外気湿度が住戸内湿度を上回る（1.25g/m3）ようになった。

6 月度の外気と全住戸平均温湿度の推移を図 2.15 に、それらの時刻別平均を図 2.16 に示す。この期間の平均外気温度は 19.4℃、全住戸平均室温は 23.2℃と、前月からの上昇は 2～3℃程度と再び同程度となった。平均内外温度差は 3.8℃となり、これまでの月度よりもさらに小さくなり、とくに日中の午後においては、外気温度の方が室温をわずかに上回るようになった。室温の平均日変動は 22.5～24.0℃（変動幅は 1.5℃）と前月同様に小さく、全住戸平均室温の 80%が 21.0～25.4℃の範囲にあった。この期間の平均外気絶対湿度 12.11g/m3 に対し、全住戸平均絶対湿度は 8.88g/m3 で、平均外気絶対湿度は前月から大きく上昇したが、全住戸平均絶対湿度は微増程度であった。

7 月度の外気と全住戸平均温湿度の推移を図 2.17 に、それらの時刻別平均を図 2.18 に示す。この期間の平均外気温度は 23.3℃、全住戸平均室温は 26.7℃と、いずれも前月度より 3～4℃程度の上昇し、月度平均として最高温度となった。平均内外温度差は 3.4℃となり、これまでの月度よりもさらに小さくなり、とくに日中のほとんどの時間帯において、外気温度が室温と同等以上になった。室温の平均日変動は 26.1～27.5℃（変動幅は 1.4℃）と前月同様に小さく、全住戸平均室温の 80%が 24.7～29.0℃の範囲にあった。この期間の平均外気絶対湿度 16.56g/m3 に対し、全住戸平均絶対湿度は 10.33g/m3 で、平均外気絶対湿度は前月からさらに大きく上昇し、全住戸平均絶対湿度の上昇も大きくなった。

8 月度の外気と全住戸平均温湿度の推移を図 2.19 に、それらの時刻別平均を図 2.20 に示す。この期間の平均外気温度は 19.1℃、全住戸平均室温は 24.3℃と、前月度より平均外気温度は 4.2℃、全住戸平均室温は 2.4℃の低下となった。平均内外温度差は 5.2℃と、大きくなる傾向に変わり、日中においても、平均外気温度が全住戸平均室温を下回るようになった。室温の平均日変動は 23.7～25.4℃（変動幅は 1.7℃）と前月同様で、全住戸平均室温の 80%が 22.8～26.3℃の範囲にあった。この期間の平均外気

絶対湿度 13.35g/m3 に対し、全住戸平均絶対湿度は 10.01g/m3 で、平均外気絶対湿度は前月から大きく低下したが、全住戸平均絶対湿度は前月と同程度であった。

9 月度の外気と全住戸平均温湿度の推移を図 2.21 に、それらの時刻別平均を図 2.22 に示す。この期間の平均外気温度は 12.3℃、全住戸平均室温は 18.8℃と、前月度より平均外気温度は 6.8℃、全住戸平均室温は 5.5℃といずれも大きく低下した。平均内外温度差は 6.5℃と、さらに大きくなった。室温の平均日変動は 18.0～20.4℃（変動幅は 2.4℃）で前月よりも大きくなり、全住戸平均室温の 80%が 15.5～21.8℃の範囲にあった。この期間の平均外気絶対湿度 8.86g/m3 に対し、全住戸平均絶対湿度は 7.20g/m3 で、いずれも前月から大きく低下し、内外の湿度差は小さくなる傾向となった。

各月度の時刻別平均温度を、外気温度と室内温度の関係を表す散布図としたものを図 2.23 に示す。各月度の時刻別平均温度を色別で表しており、各色 24 個の点のサイクルは、それぞれの時刻の外気温度と室内温度の関係をプロットしたものになる。一般的に、外気温度は、一日の中で 6 時前後に最も低く、14 時前後に最も高くなるので、各サイクルの内、左側の点は 6 時前後を、右側の点は 14 時前後を表すことになる。月度単位で見ると、外気温度と室内温度の関係は概ね直線的で、外気温度の高い月度ほど、その直線の傾きは小さくなる傾向が見られる。全体的に見ても、1 月度は外気温度・室内温度ともに最も低く、逆に 7 月は両温度ともに最も高くなり、外気温度と室内温度の関係は概ね直線的であることが分かる。

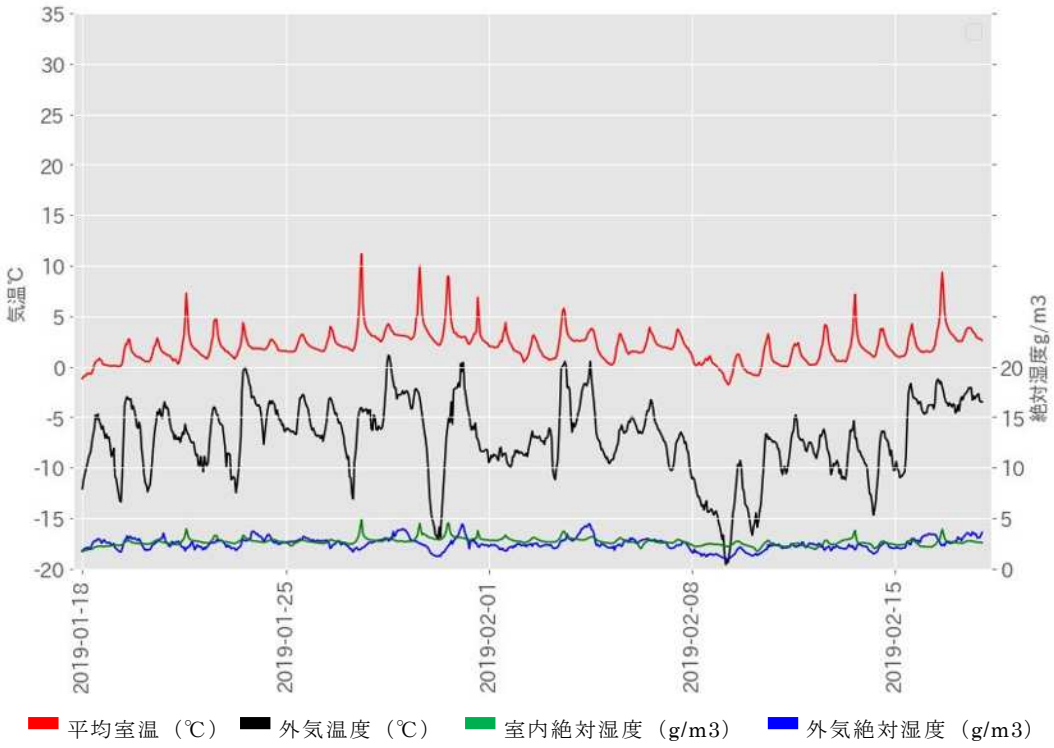


図 2.5　1 月度の全住戸平均室温および平均湿度（容積絶対湿度）の推移

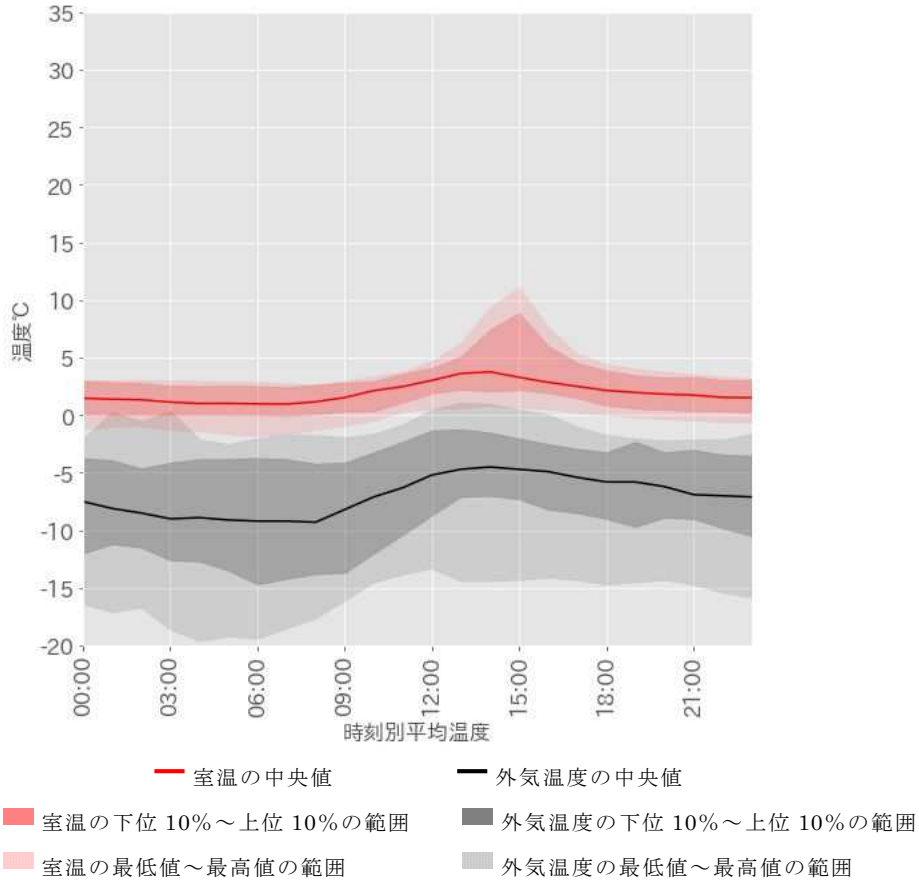


図 2.6　1 月度の時刻別平均温度

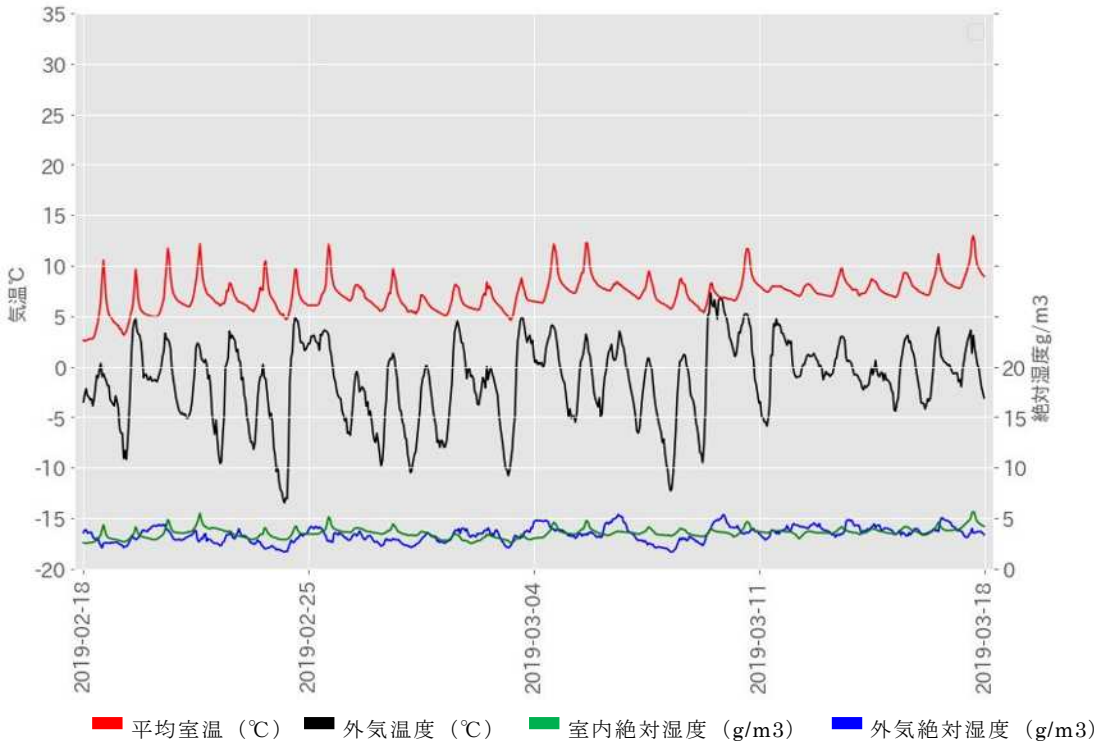


図 2.7　2 月度の全住戸平均室温および平均湿度（容積絶対湿度）の推移

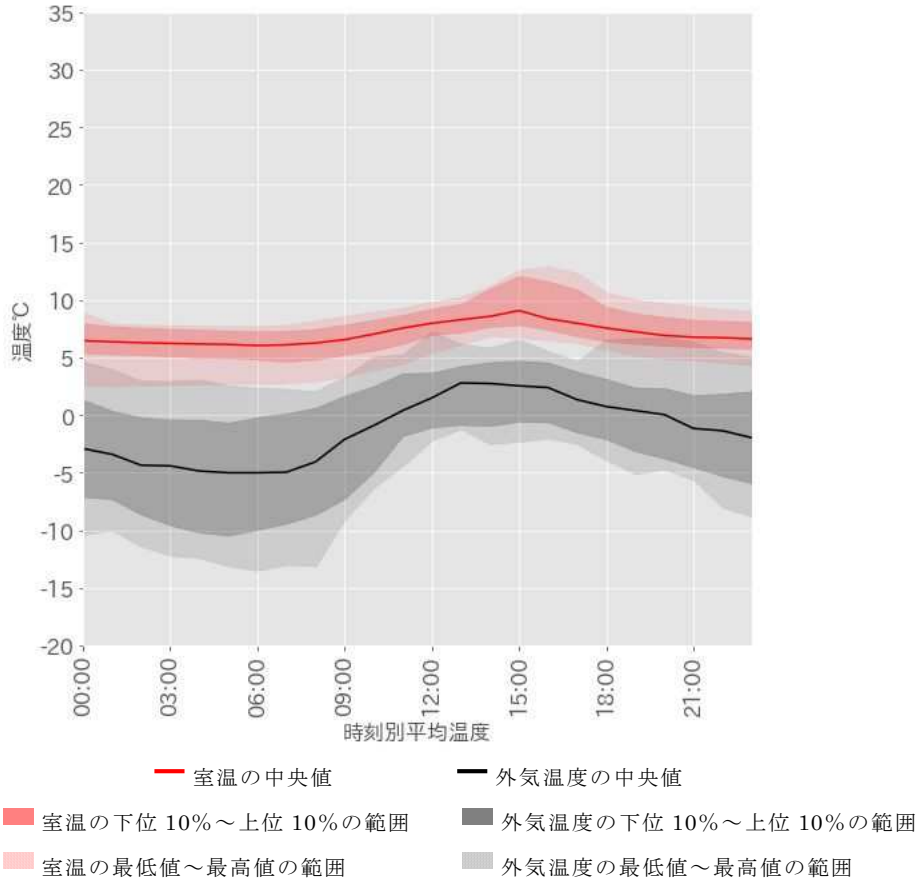


図 2.8　2 月度の時刻別平均温度

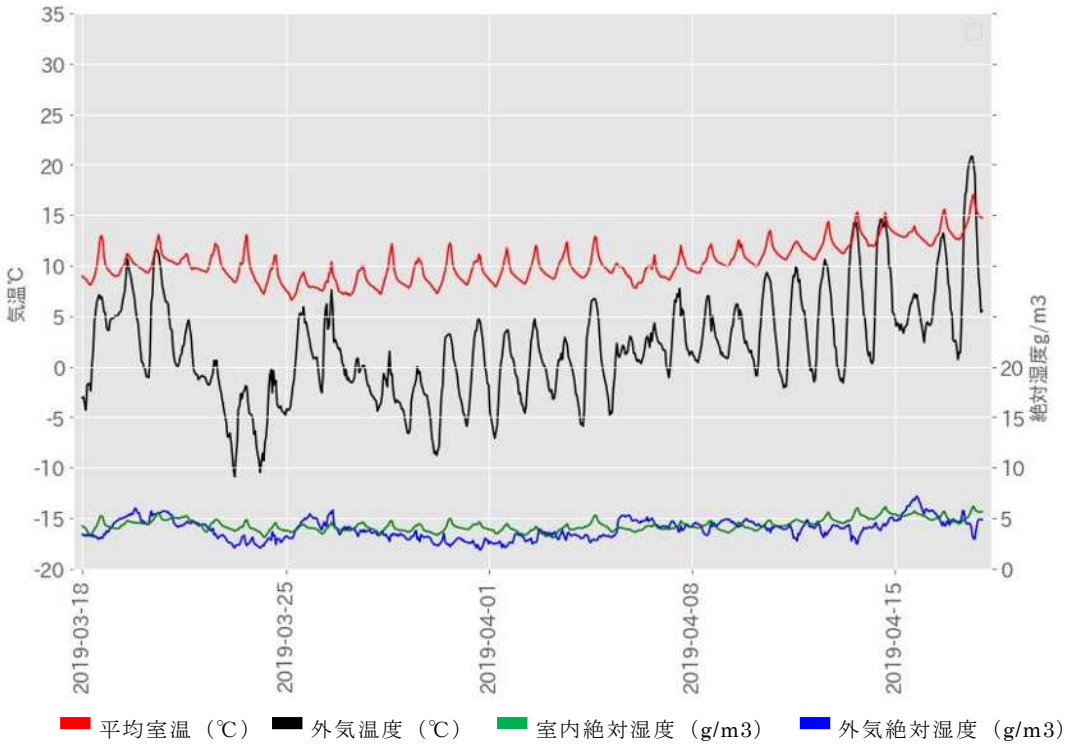


図 2.9　3 月度の全住戸平均室温および平均湿度（容積絶対湿度）の推移

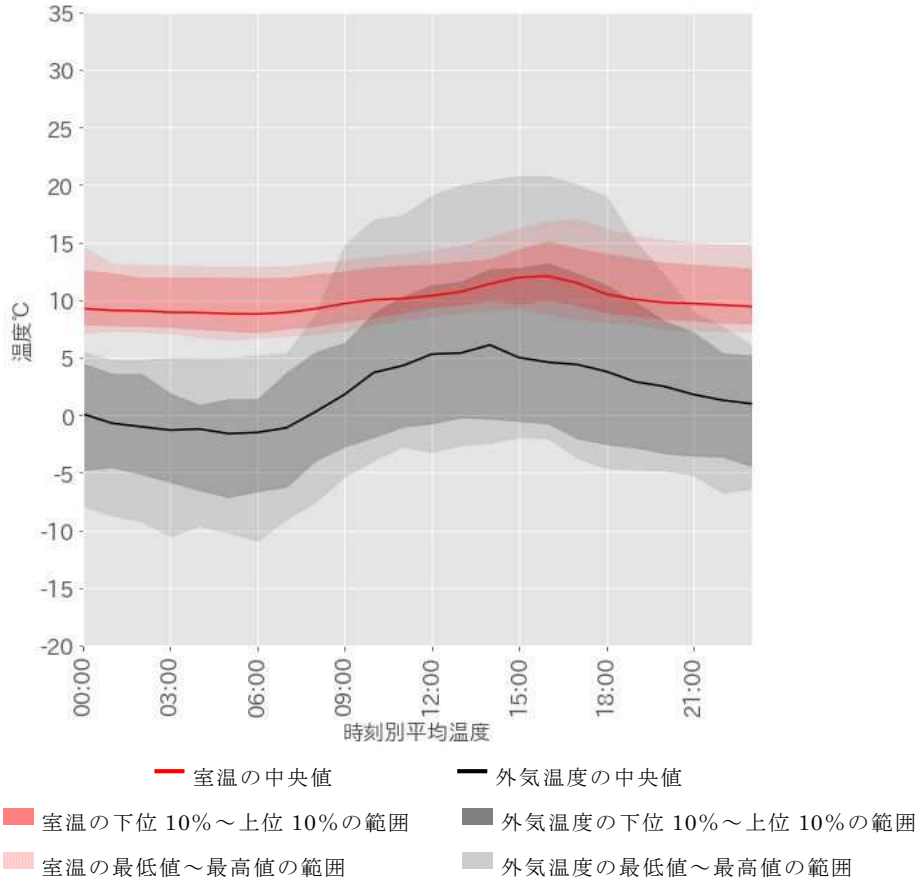


図 2.10　3 月度の時刻別平均温度

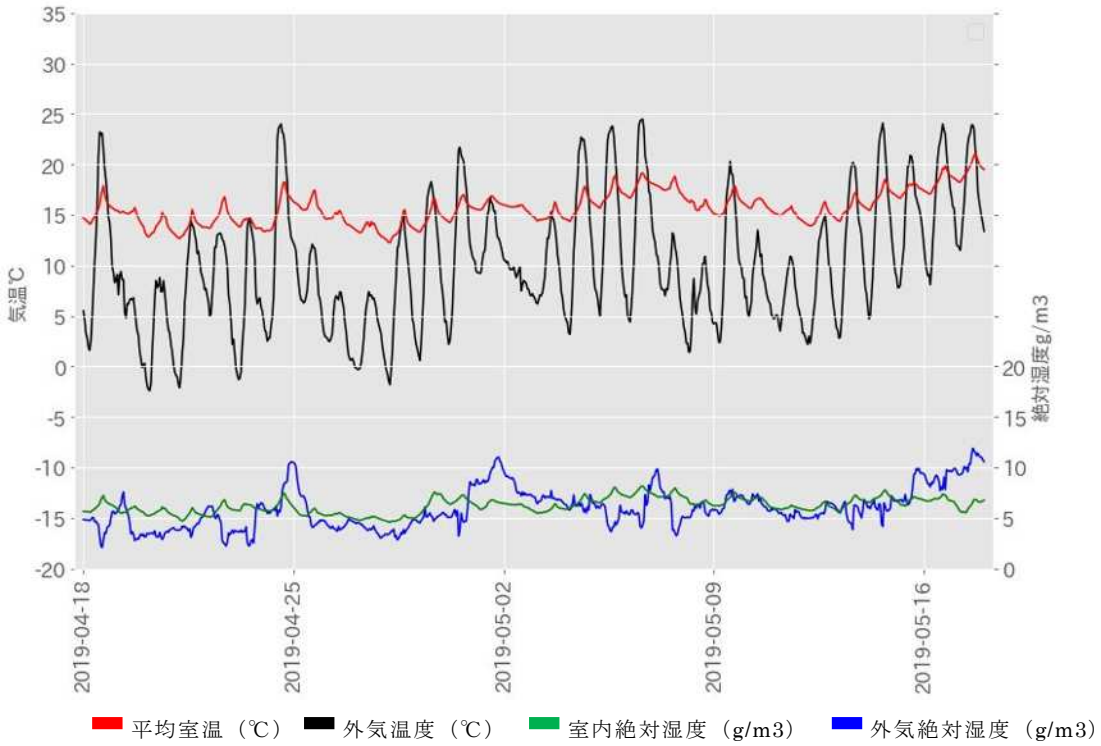


図 2.11　4 月度の全住戸平均室温および平均湿度（容積絶対湿度）の推移

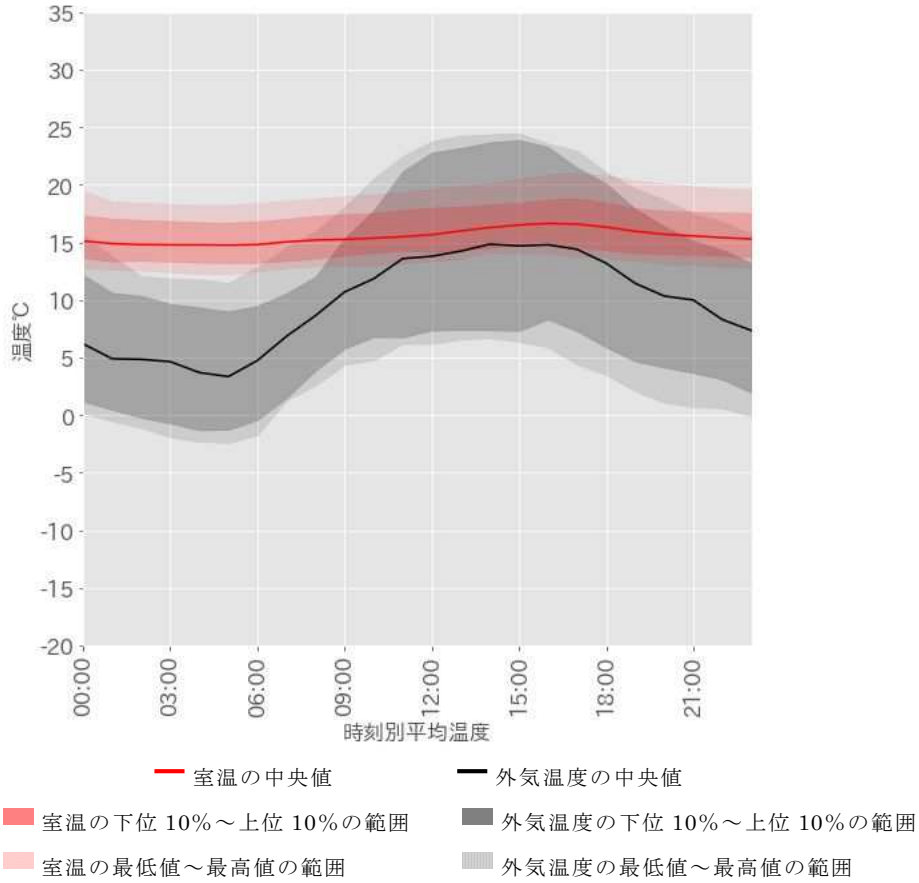


図 2.12　4 月度の時刻別平均温度

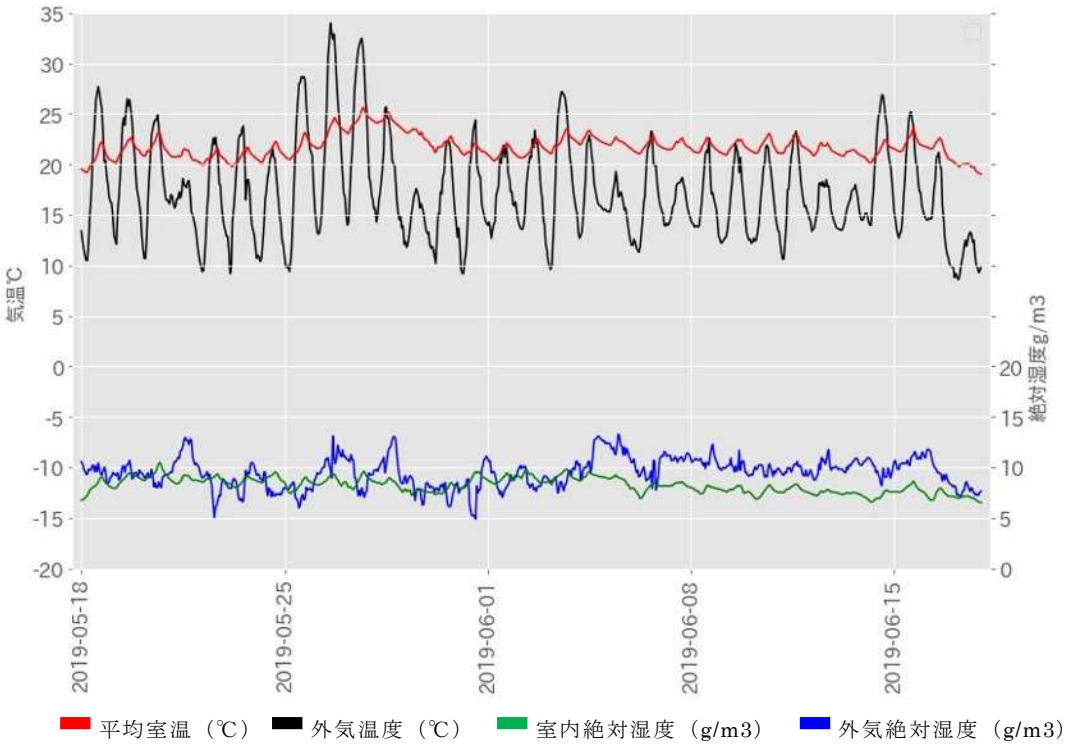


図 2.13　5 月度の全住戸平均室温および平均湿度（容積絶対湿度）の推移

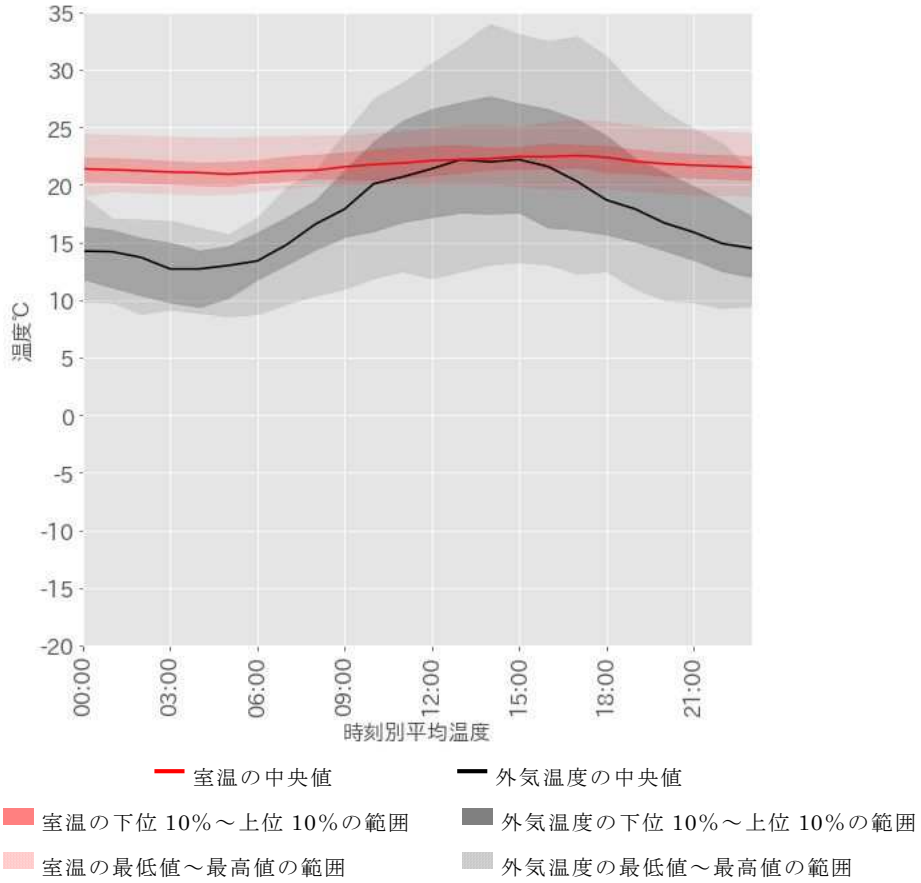


図 2.14　5 月度の時刻別平均温度

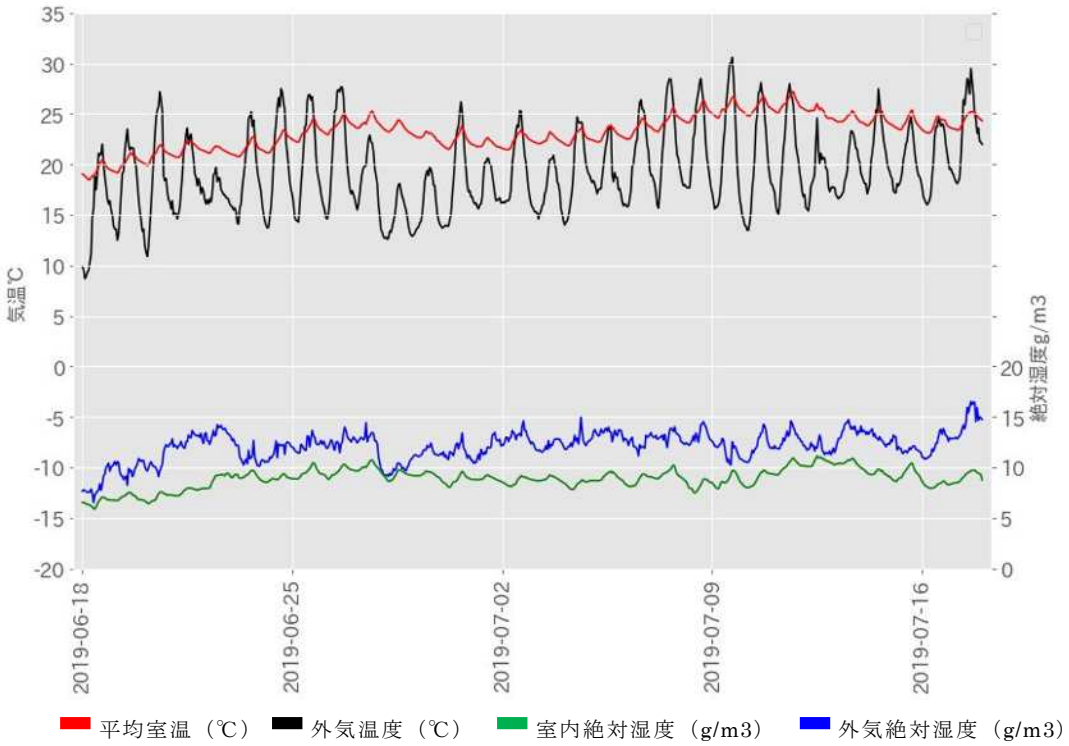


図 2.15　6 月度の全住戸平均室温および平均湿度（容積絶対湿度）の推移

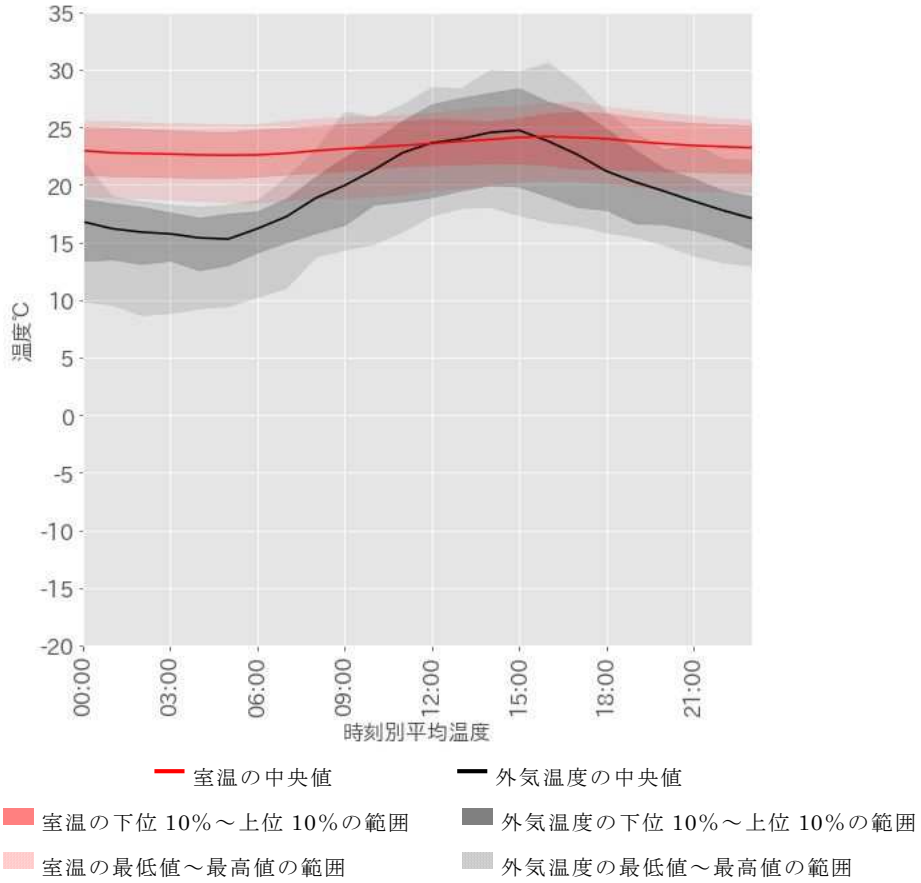


図 2.16　6 月度の時刻別平均温度

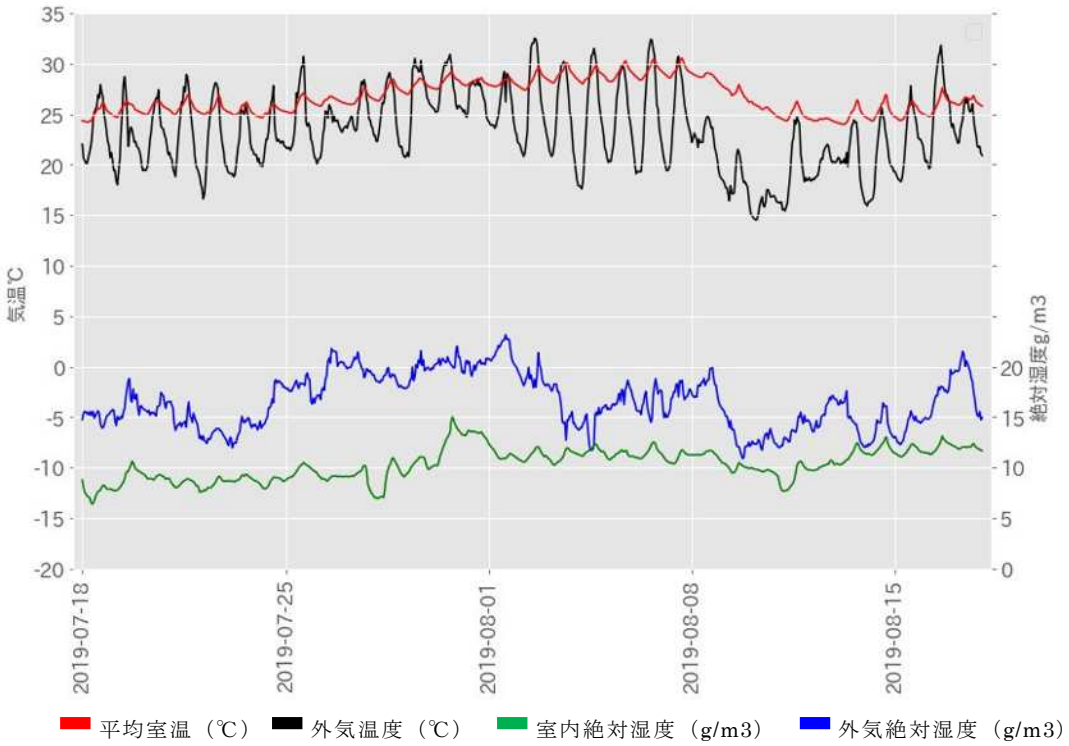


図 2.17　7 月度の全住戸平均室温および平均湿度（容積絶対湿度）の推移

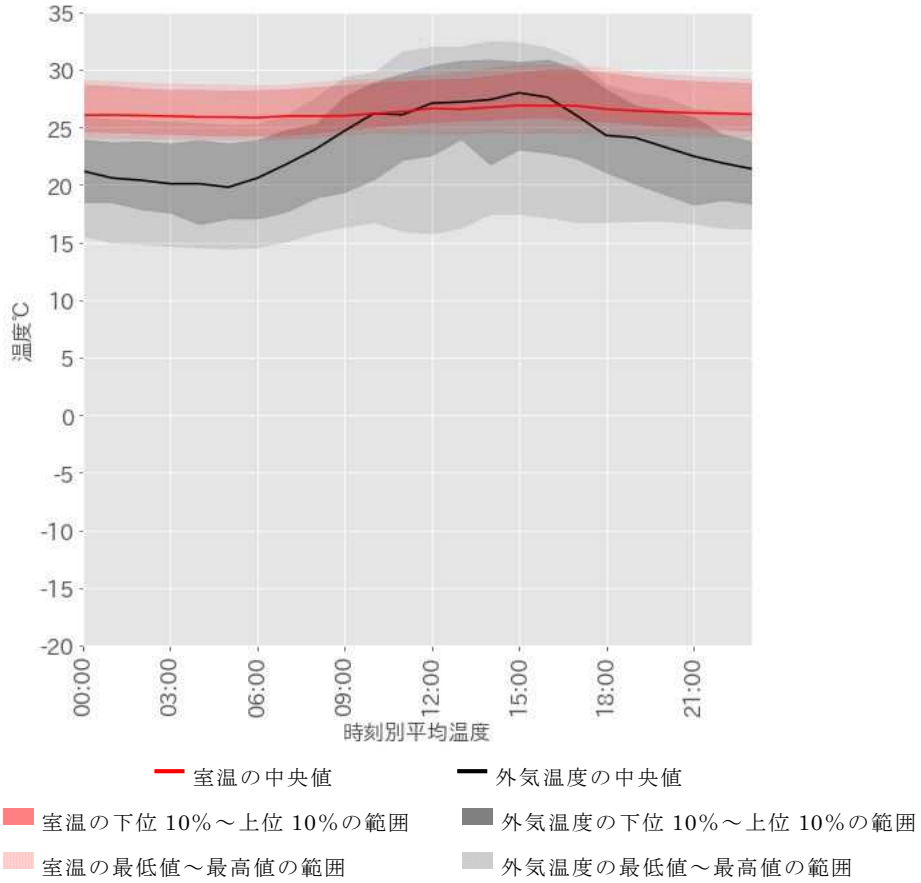


図 2.18　7 月度の時刻別平均温度

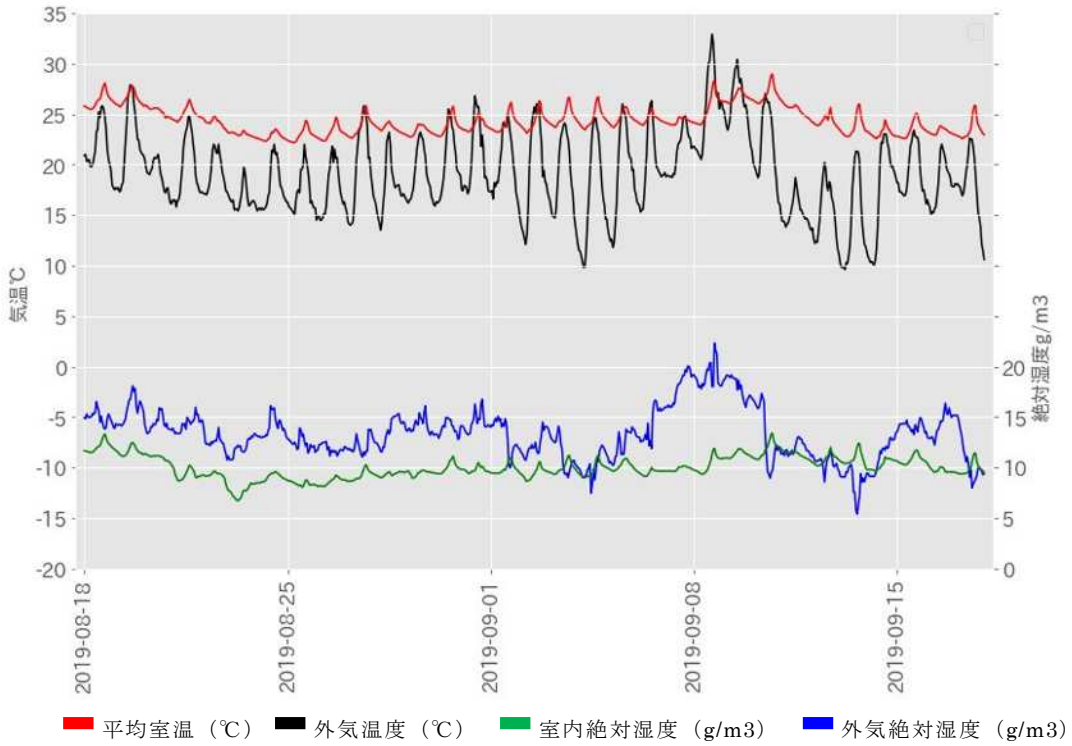


図 2.19　8 月度の全住戸平均室温および平均湿度（容積絶対湿度）の推移

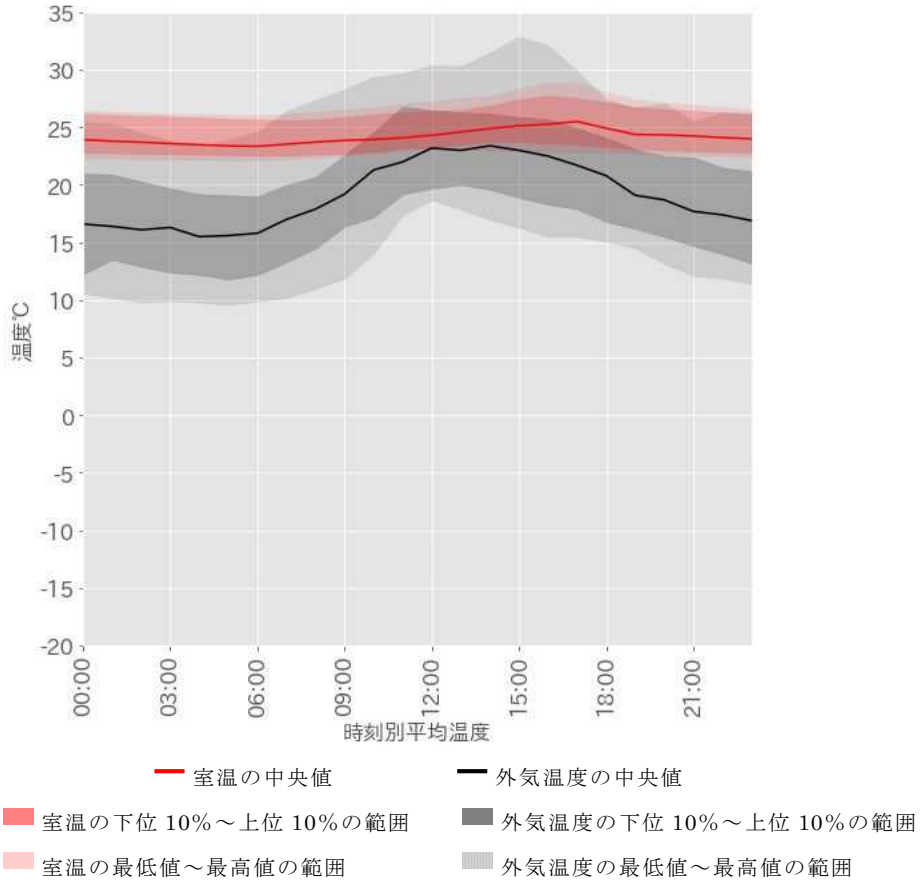


図 2.20　8 月度の時刻別平均温度

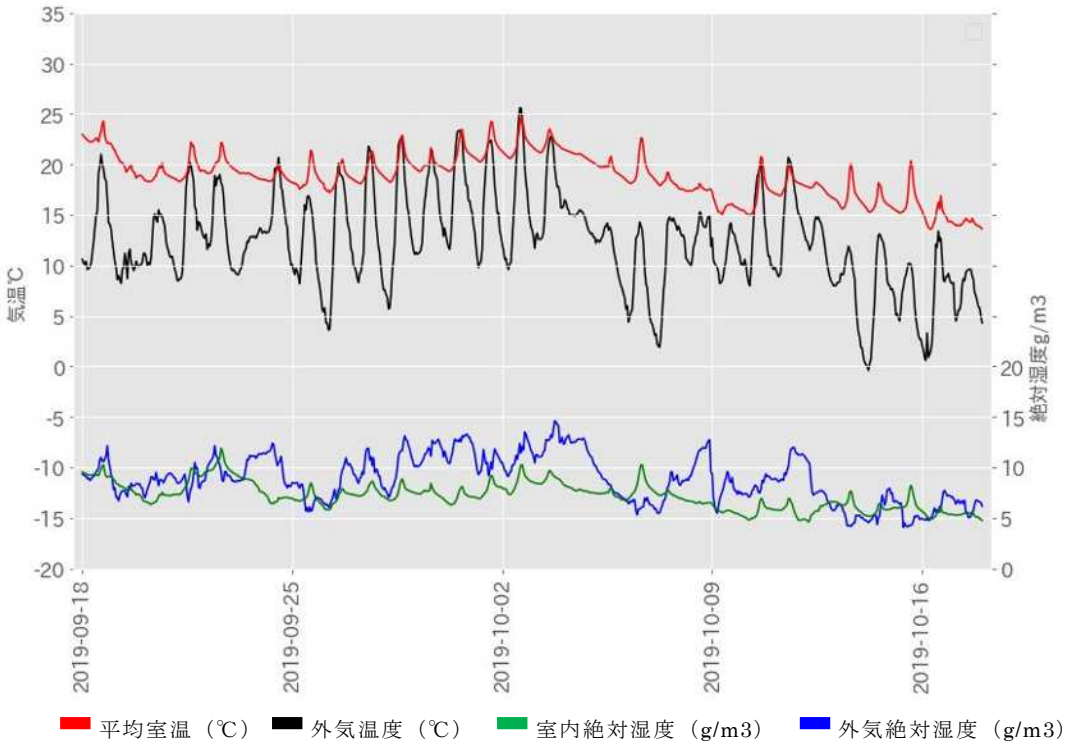


図 2.21　9 月度の全住戸平均室温および平均湿度（容積絶対湿度）の推移

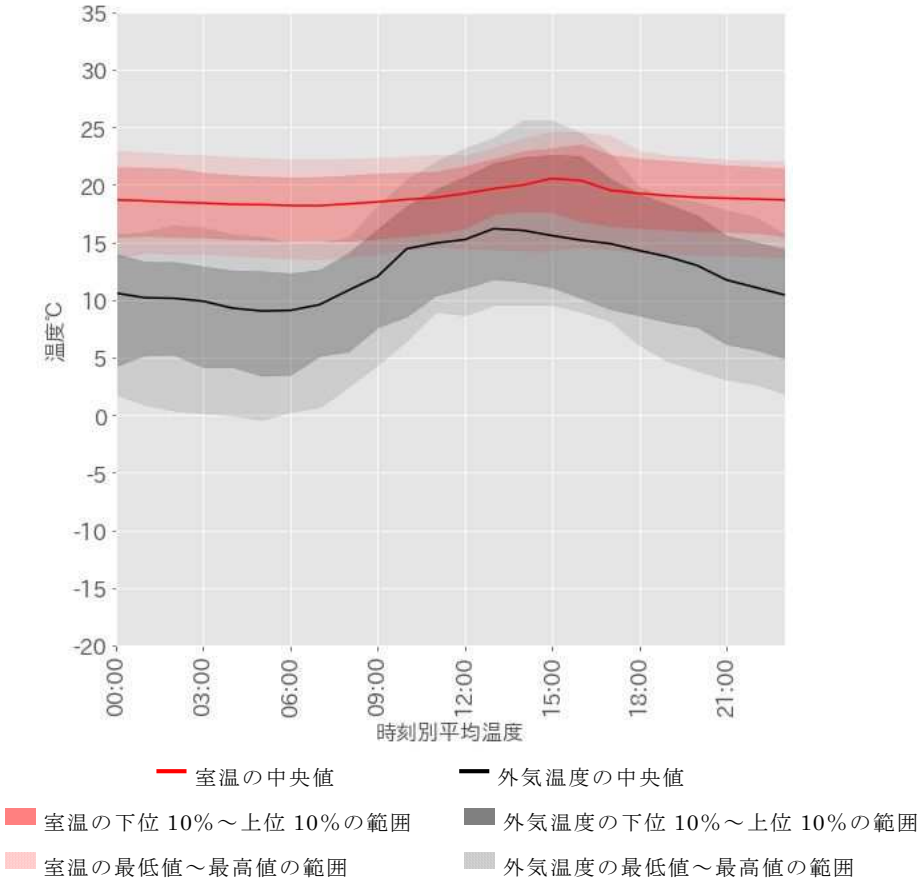


図 2.22　9 月度の時刻別平均温度

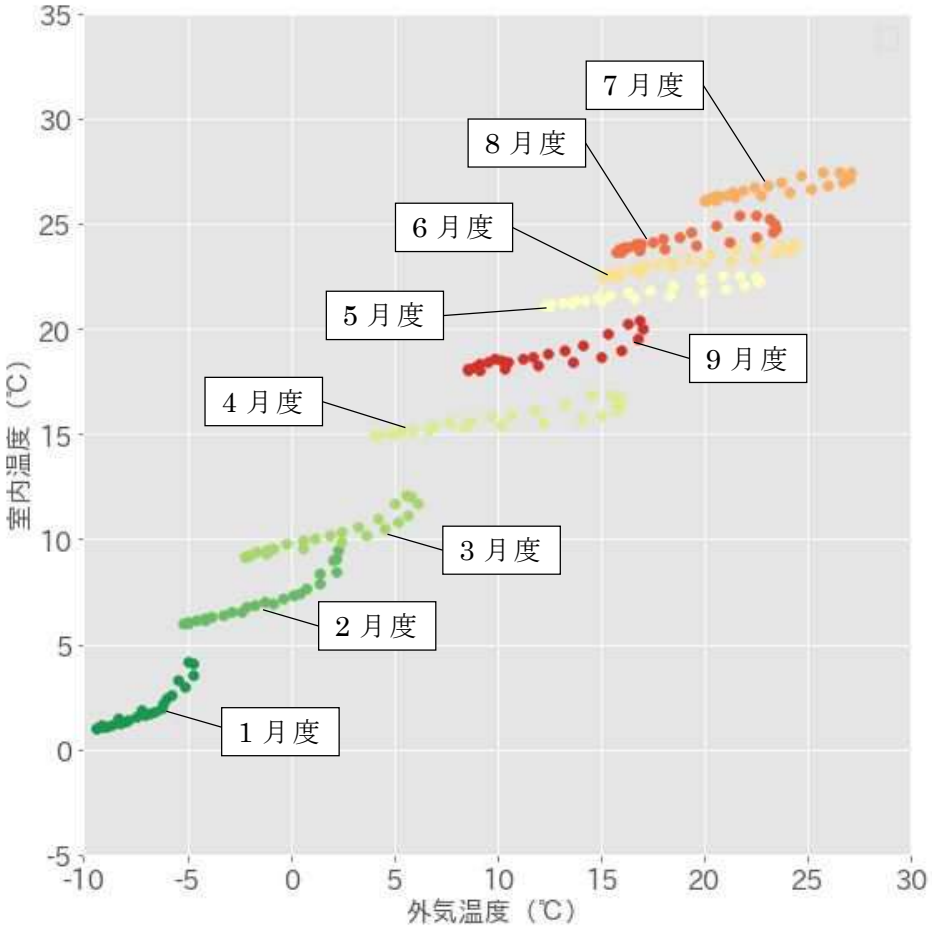


図 2.23　各月度の外気温度と室内温度の関係（時刻別平均温度）

2.2.3　冬期の測定結果と考察

最寒月である 1 月度の測定データを用いて、何らかの暖房が行われていると考えられる入居住戸との隣接状況と室温との関係を示す。

図 2.24 は図 2.1 の再掲で、各室の入居状況と自動記録温度計の設置住戸を示している。図 2.25 は、各住戸の熱損失係数 Q 値と 1 月度平均室温の関係を表したものである。これらを見ると、平均室温は Q 値に依らず、入居住戸が上下階にある場合、入居住戸が隣室にある場合、入居住戸と隣接しない場合の順に室温が高い傾向であることが分かる。先にも示したが、入居住戸が上下階にある場合の方が、入居住戸が隣室にある場合よりも平均室温が高い傾向となるのは、入居住戸と接する部分の面積が、上下階の場合は 54.17 ㎡であるのに対し､隣室の場合は 19.66 ㎡(階段室側の場合は 9.83 ㎡）と半分以下であり、その分、入居住戸からの熱供給が少ないためと考えられる。例えば 201 号室は、202 号室と 301 号室に熱供給していると考えられるが、隣室の関係である 202 号室に比べ、上下階の関係である 301 号室の方が平均室温は高い。同様のことが、106 号室と 105 号室および 206 号室、305 号室と 304 号室および 405 号室についても言える。以上より、入居住戸から非入居住戸への熱損失は上下階方向の方が大きく、それには隣接する部分の面積も関係していることが推測される。

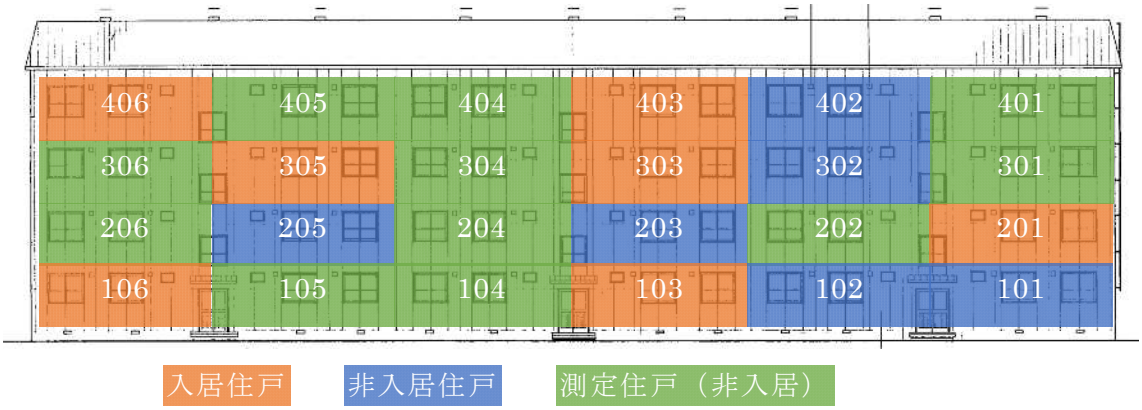


図 2.24　各室の入居状況と自動記録温度計の設置住戸（北西面立面図）

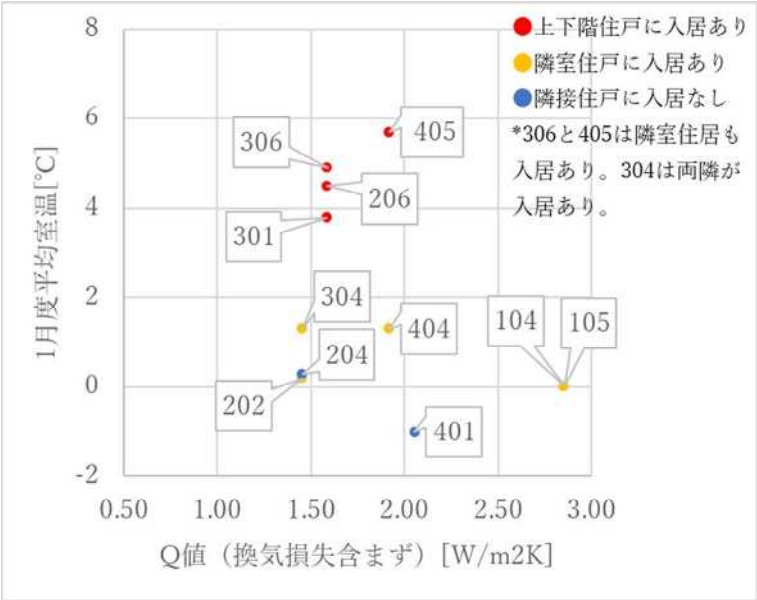


図 2.25　各住戸の熱損失係数 Q 値と 1 月度平均室温の関係

ア）入居住戸と隣接しない測定住戸の室温

入居住戸と隣接しない測定住戸を図 2.26 に示す。それらの住戸の 1 月度の室温、外気温度、南西壁面直達日射量の推移を図 2.27 に、時刻別平均温度を図 2.28 に示す。この期間の平均室温は、204 号室が 0.3℃、401 号室が－0.1℃で、同程度であった。室温の日変動は 204 号室が－2.9～8.4℃、401 号室が－4.0～11.3℃で、401 号室の方が変動は大きかった。時刻別平均温度を見ると、401 号室は、夜間から翌午前中にかけて 204 号室よりも室温が低い。熱損失係数は 204 号室が 1.86 W/m²K、401 号室が 2.46 W/m²K であることから、熱損失係数の通りの室温の関係といえるが、午前中から昼に向けて 204 号室と同等まで室温の上昇が見られる。これは、置き屋根構造の屋根裏空間が日射によって加温（屋根に積雪が無いときのみ）され、住戸天井からの熱損失が抑えられたことによる効果と考えられる。

時刻別平均温度による外気温度と室内温度の関係を図 2.29 に示す。サイクルの左側（外気温度の低い側）は早朝の時間帯、右側は午後の時間帯となるが、401 号室の方がサイクルの傾きが大きい傾向となるのは、先述の通り、夜間から翌午前にかけての室温が低下するためである。

時刻別平均温度による南西壁面直達日射量と室内温度の関係を図 2.30 に示す。日射の無い時間帯を除くと、これらの間には相関関係が見られる。

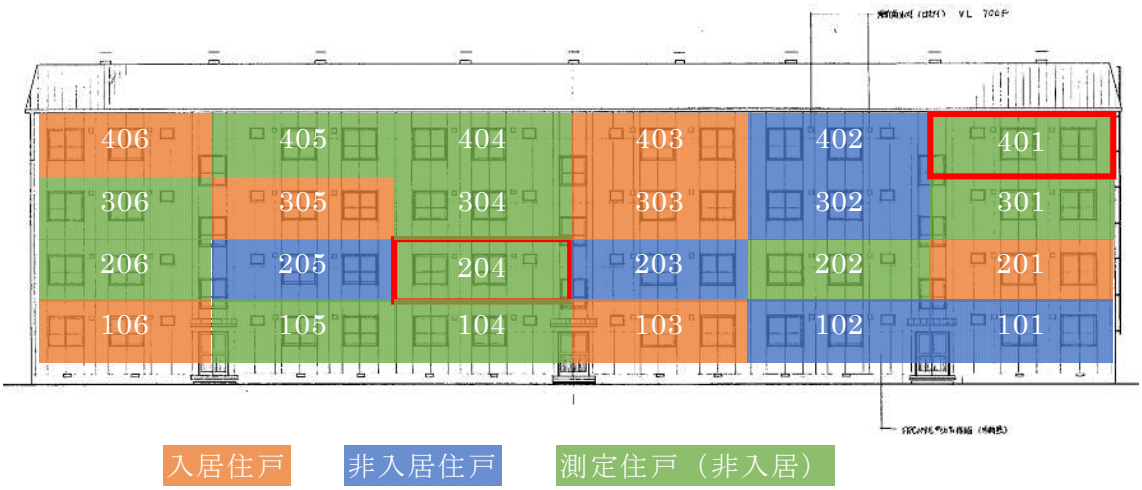


図 2.26　入居住戸と隣接しない測定住戸（北西面立面図）

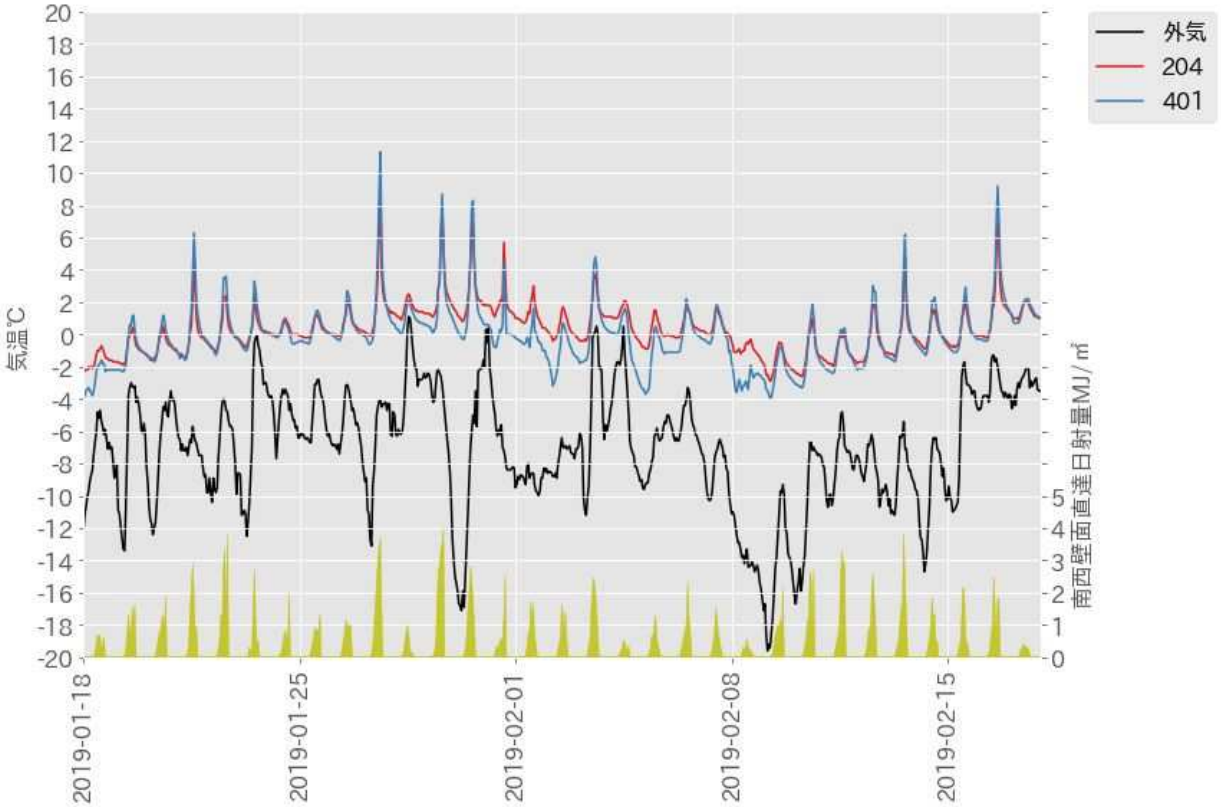


図 2.27　入居住戸と隣接しない測定住戸の室温および外気温度、南西壁面直達日射量の推移

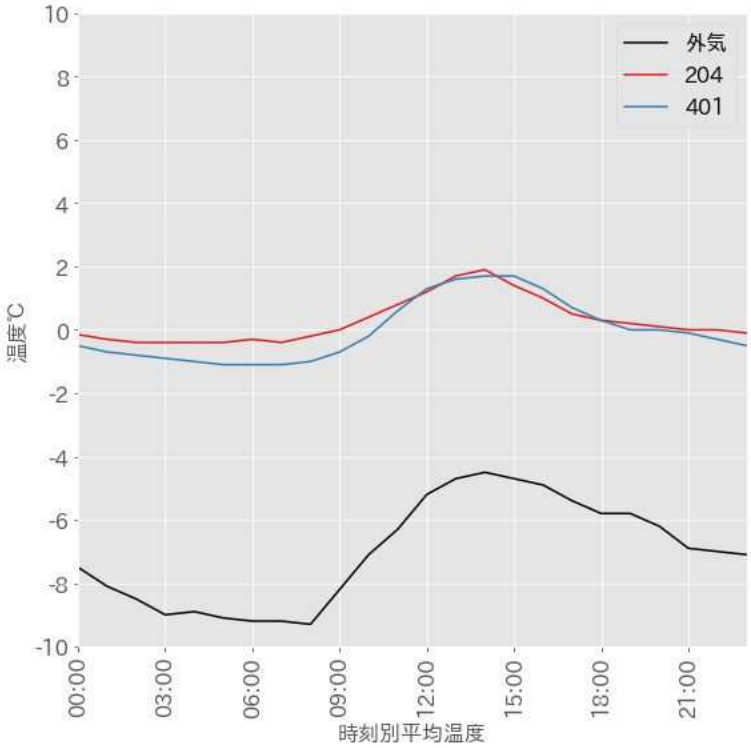


図 2.28　入居住戸と隣接しない測定住戸の時刻別平均室温（1 月度）

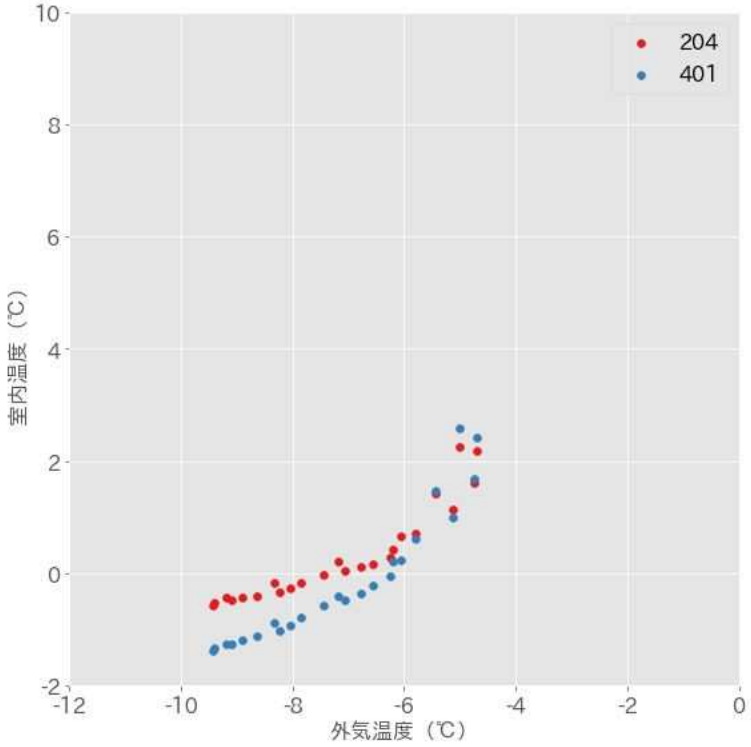


図 2.29　入居住戸と隣接しない測定住戸の外気温度と室内温度の関係（時刻別平均温度）

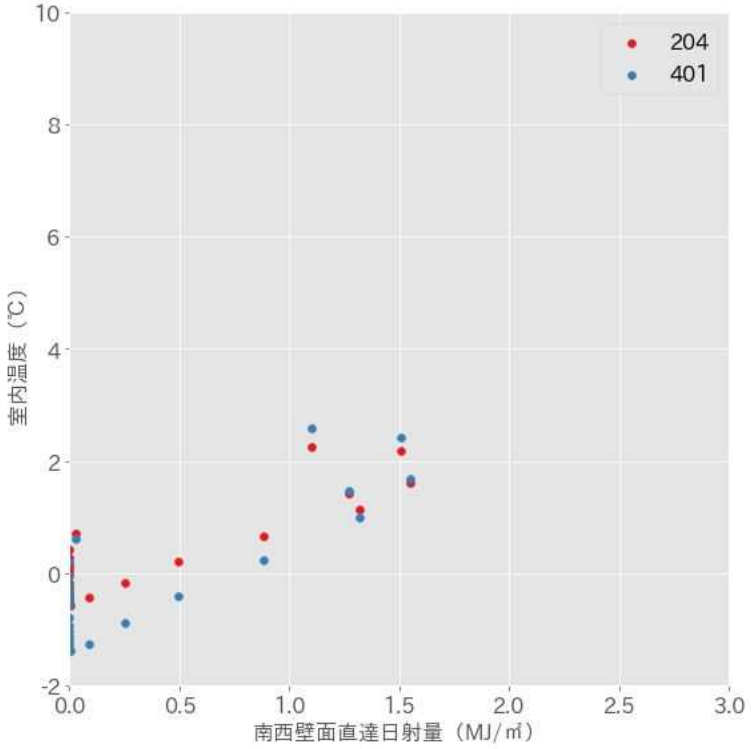


図 2.30　入居住戸と隣接しない測定住戸の南西壁面直達日射量と室内温度の関係（時刻別平均温度）

イ）入居住戸が上下階にある測定住戸の室温

入居住戸が上下階にある測定住戸を図 2.31 に示す。それらの住戸の 1 月度の室温、外気温度、南西壁面直達日射量の推移を図 2.32 に、時刻別平均温度を図 2.33 に示す。この期間の平均室温は、206 号室が 4.5℃、301 号室が 3.8℃、306 号室が 4.9℃、405 号室が 5.7℃であった。室温の日変動は、206 号室が－0.8～13.7℃、301 号室が 1.0～13.3℃、306 号室が 0.9～13.0℃、405 号室が 1.0～18.0℃であった。最低室温に大きな差はないが、最高室温においては、405 号室が他室より突出して高い。405 号室は最上階であることから、先の 401 号室と同様、置き屋根構造の日射による加温効果（屋根に積雪が無いときのみ）があるものと考えられる。時刻別平均温度を見ると、室温形状は類似していると言える。405 号室は、常に他室より室温が高い傾向が見られるが、下階からの熱供給に加え、置き屋根構造の日射による加温効果が示唆される。301 号室の日中の室温は他より低くなる傾向が見られるが、下階の 206 号室が日中不在となることが多いことが示唆される。306 号室のみ上階が入居住戸（他は下階が入居住戸）であるが、入居状況の上下関係による差はとくに見られなかった。

時刻別平均温度による外気温度と室内温度の関係を図 2.34 に示す。405 号室のサイクルの右側（午後の時間帯）の室温上昇が、他の室よりも大きくなる傾向が見られることからも置き屋根構造の日射による加温効果が示唆される。

時刻別平均温度による南西壁面直達日射量と室内温度の関係を図 2.35 に示す。日射の無い時間帯を除き、同様に、南西壁面直達日射量と室内温度の間に相関が見られる。

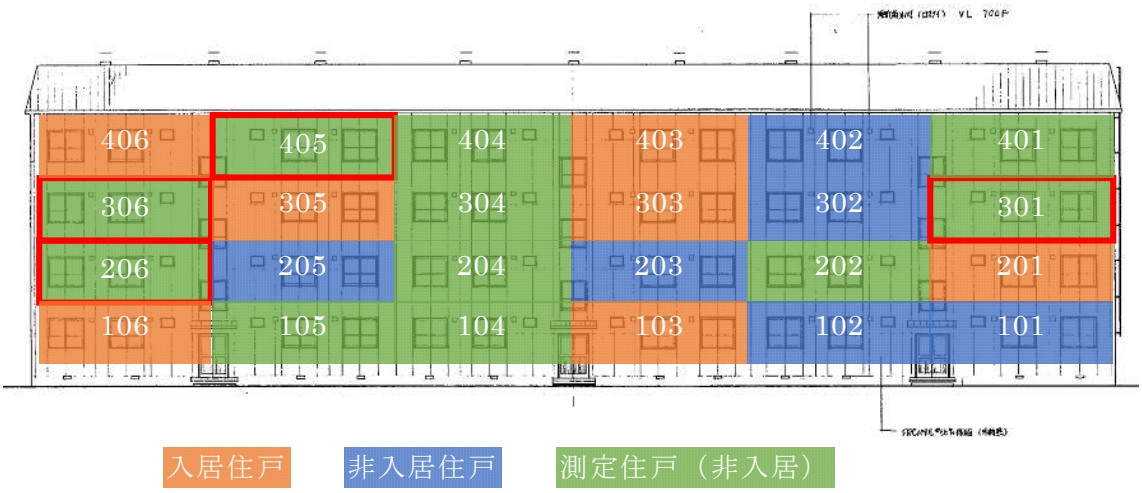


図 2.31　入居住戸が上下階にある測定住戸（北西面立面図）

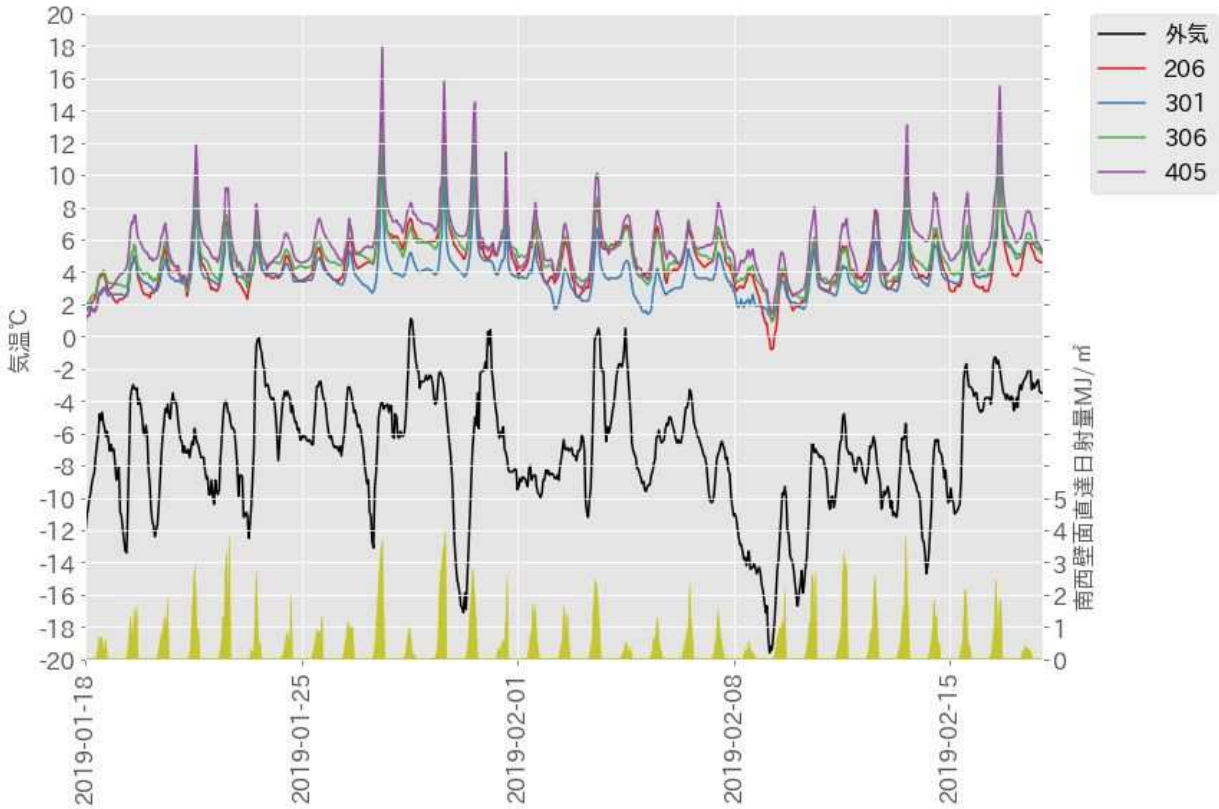


図 2.32　入居住戸が上下階にある測定住戸の室温および外気温度、南西壁面直達日射量の推移

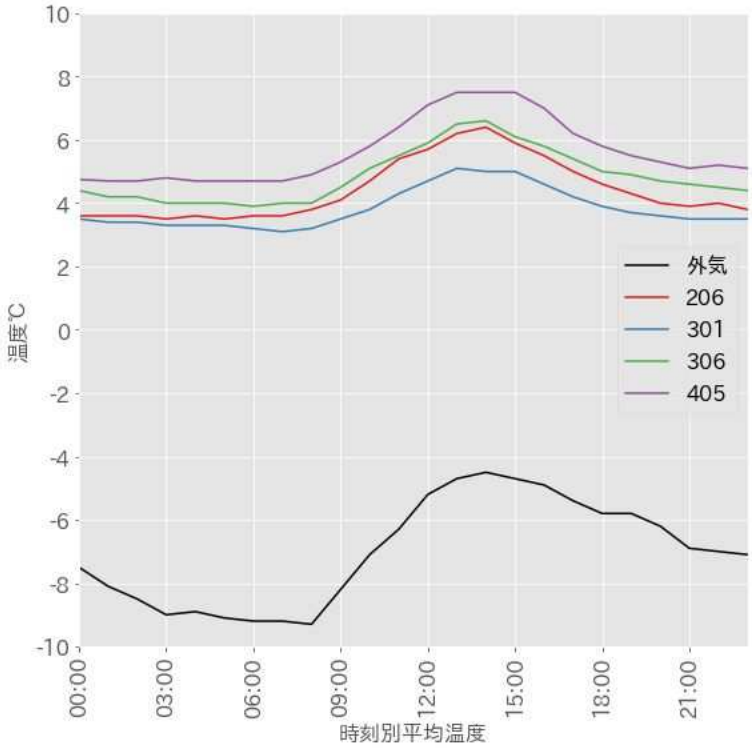


図 2.33　入居住戸が上下階にある測定住戸の時刻別平均室温（1 月度）

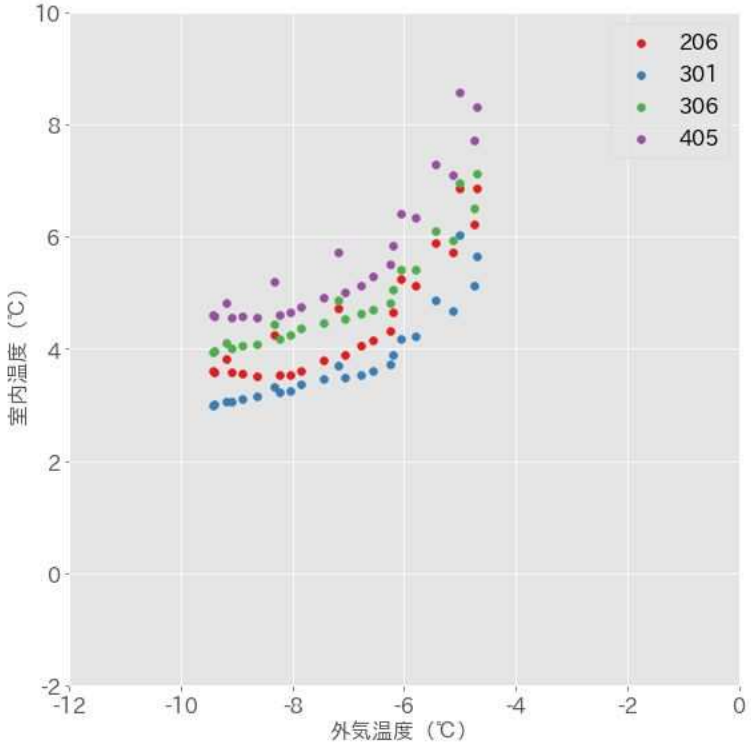


図 2.34　入居住戸が上下階にある測定住戸の外気温度と室内温度の関係（時刻別平均温度）

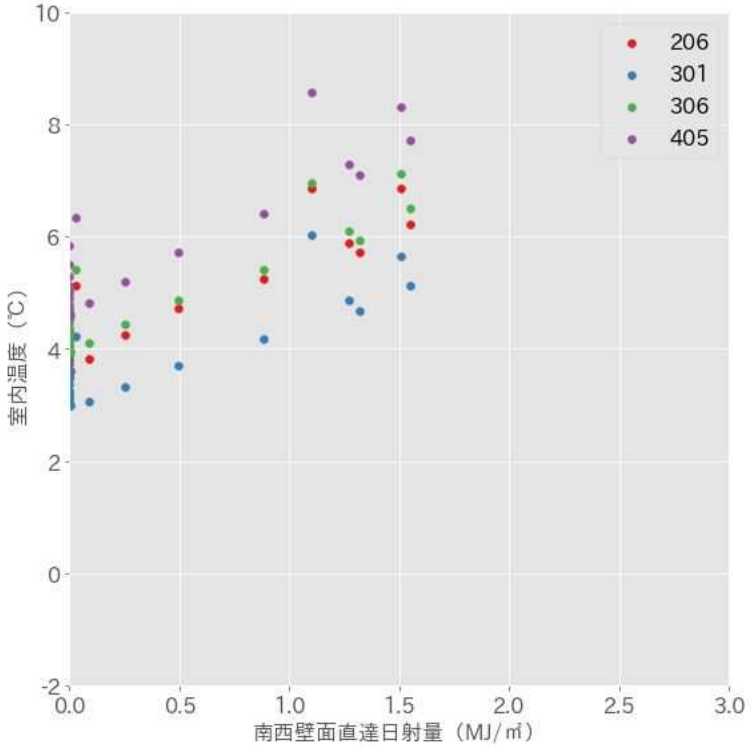


図 2.35　入居住戸が上下階にある測定住戸の南西壁面直達日射量と室内温度の関係（時刻別平均温度）

ウ）入居住戸が隣室にある測定住戸の室温

入居住戸が隣室にある測定住戸を図 2.36 に示す。それらの住戸の 1 月度の室温、外気温度、南西壁面直達日射量の推移を図 2.37 に、時刻別平均温度を図 2.38 に示す。この期間の平均室温は、104 号室および 105 号室が 0.0℃、202 号室が 0.2℃、304 号室が 1.3℃、306 号室が 4.9℃、404 号室が 1.3℃、405 号室が 5.7℃であった。室温の日変動は、104 号室が－3．6～8．8℃、105 号室が－4.1～9.3℃、202 号室が－3.3～7.8℃、304 号室が－2.2～8.0℃、306 号室が 0.9～13.0℃、404 号室が－2.2～10.9℃、405 号室が 1.0～18.0℃であった。時刻別平均温度を見ると、室温形状は類似している。104 号室と 105 号室は、常にほぼ同様の室温であり、他よりも大きな値である熱損失係数のとおり、他よりも室温が低く、隣室からの暖房の影響はほとんど受けていないことが示唆される。304 号室と 404 号室は上下階の関係にあり、熱損失係数は 304 号室が 2.10 W/m²K、404 号室が 2.57 W/m²K であることから、404 号室の方が室温は低くなる傾向と考えられる。夜間から午前中にかけては、熱損失係数の通り、404 号室の方が室温は低くなっているが、昼から夕方にかけては、304 号室の室温を逆転しており、置き屋根構造の日射による加温効果が現れているものと考えられる。306 号室と 405 号室においては上下階も居住住戸であることから、隣室のみが居住住戸である場合よりも室温は突出して高く、ここでも隣室よりも上下階からの熱供給の影響が大きいことが裏付けられる。

時刻別平均温度による外気温度と室内温度の関係を図 2.39 に示す。ここでも、最上階である 404 号室のサイクルの右側（午後の時間帯）の室温上昇が、他の室（306 号室と 405 号室を除く）よりも大きくなる傾向が見られ、置き屋根構造の日射による加温効果が示唆される。

時刻別平均温度による南西壁面直達日射量と室内温度の関係を図 2.40 に示す。日射の無い時間帯を除き、南西壁面直達日射量と室内温度の間に相関が見られるのは、これまでと同様である。

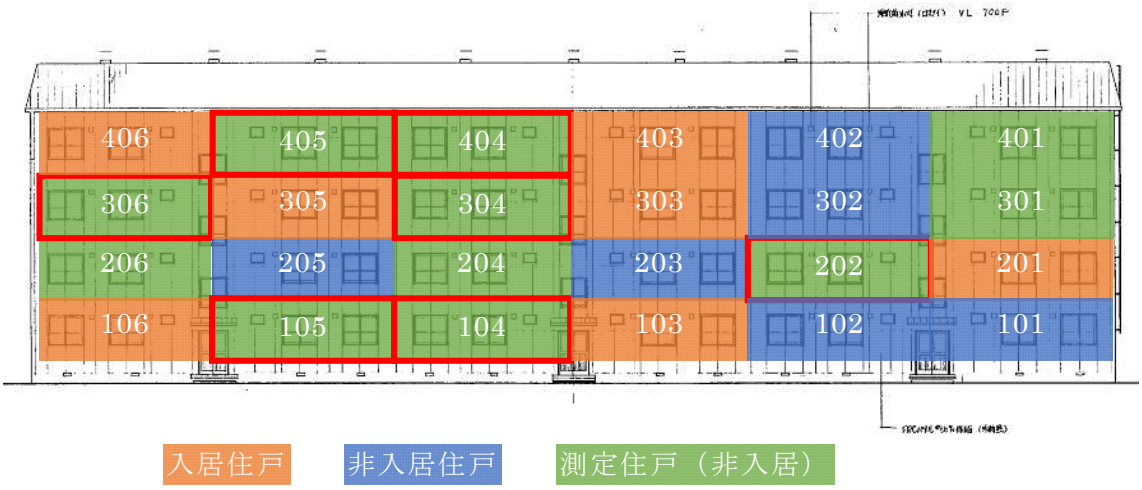


図 2.36　入居住戸が隣室にある測定住戸（北西面立面図）

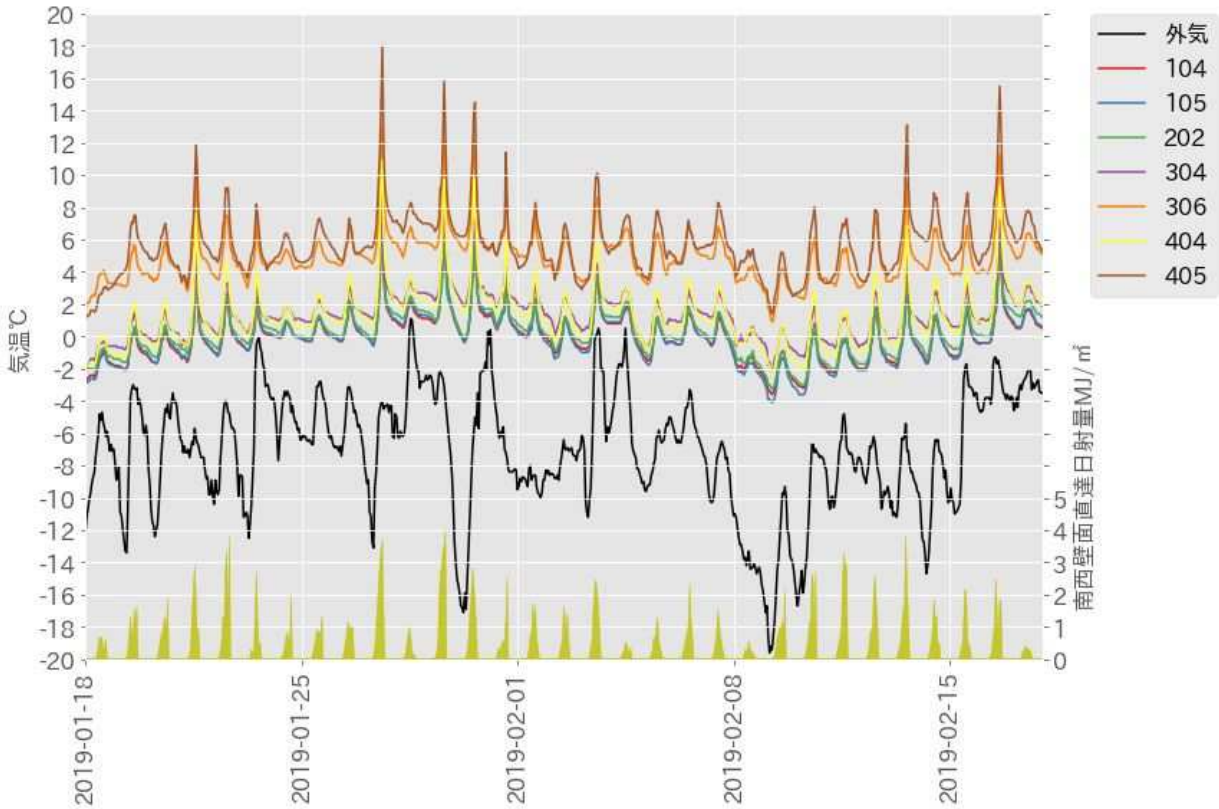


図 2.37　入居住戸が隣室にある測定住戸の室温および外気温度、南西壁面直達日射量の推移

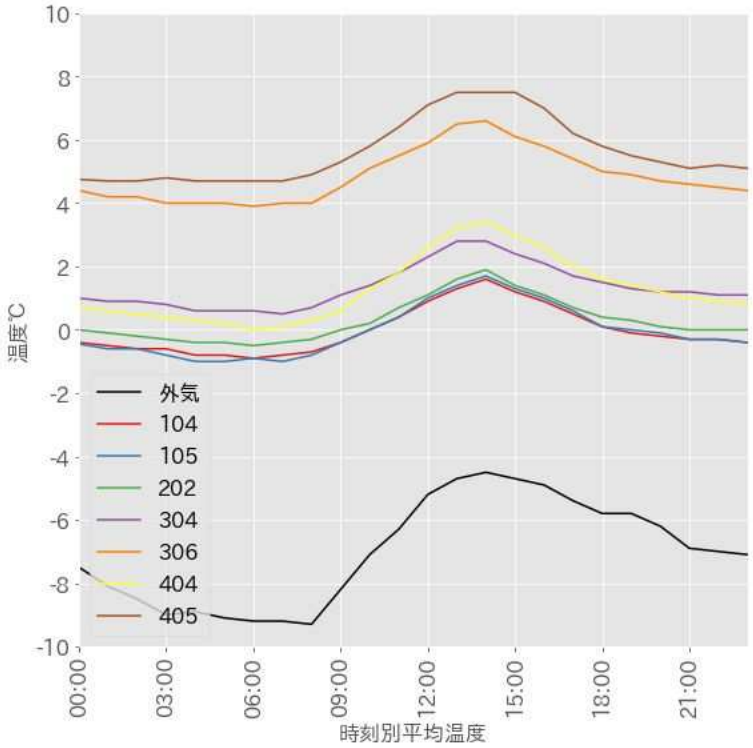


図 2.38　入居住戸が隣室にある測定住戸の時刻別平均室温（1 月度）

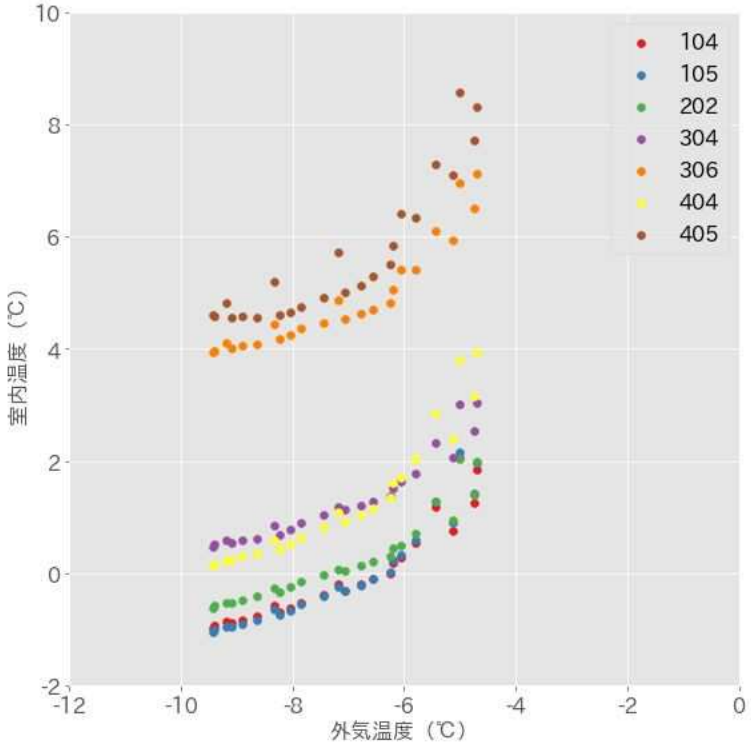


図 2.39　入居住戸が隣室にある測定住戸の外気温度と室内温度の関係（時刻別平均温度）

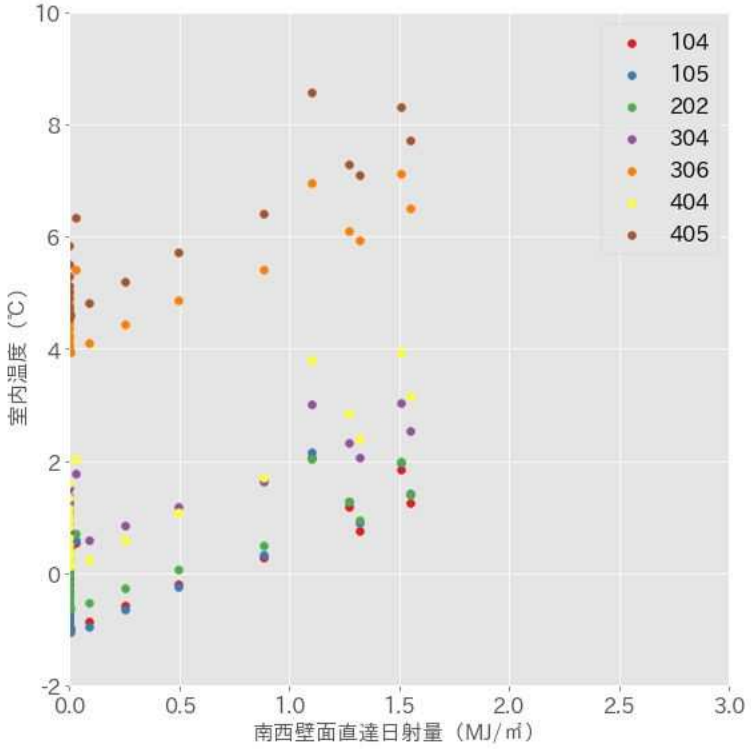


図 2.40　入居住戸が隣室にある測定住戸の南西壁面直達日射量と室内温度の関係（時刻別平均温度）

エ）4 号室の室温と日射量の関係

4 号室は、室内温度に影響が大きい上下階の入居が無いことから、隣接住戸からの熱供給の影響が少なく、とくに最上階住戸と中間階住戸における日射の影響の差を、より明確に見ることができると考えられる。ここでは、1 階から 4 階の 4 号室（104～404 号室）における、室内温度と日射量の関係を見る。4 号室住戸を図 2.41 に示す。

時刻別平均温度による南西壁面直達日射量と室内温度の関係を図 2.42 に示す。304 号室は中住戸であり、かつ、両隣が入居住戸であることから、室内温度は最も高い傾向を示すはずである。日射量が少ない場合は、順当な傾向であるが、日射量が大きくなると、4 階の方が高い傾向を示すようになる。日射量が少ない場合は。全天日射量と室内温度の関係を図 2.43 に示す。日射量と室内温度の関係はサイクル形状を示しているが、サイクルの下側の部分は、日の出から日射量徐々に増え、それに伴って室内温度が上昇する様子、即ち午前中の状況を、上側の部分は、日射量が最高値を示す正午前後から徐々に日が傾き、それに伴って日射量は減少するが、室内温度は外気温度や蓄熱の影響によって正午から少し後の時間にピークとなる午後の状況を示している。3 階と 4 階を比較すると、日の出から正午にかけては概ね同等の傾向であるが、正午から日が傾く時間にかけて、4 階の方が 1℃ほど高くなる傾向があり、明らかな差が生じることがわかる。3，4 階は太陽高度が低くなる南西面の午後においても街路樹や周囲の住宅の影響は受けにくいことや、隣室の暖房の影響は小さいことを考えると、この差は屋根面から、即ち、日射によって置き屋根部分の小屋裏空間が暖められたことによって生じたと推測されるが、置き屋根部分の積雪や落雪の頻度、バルコニー面にある煙突の影響なども含めて確認する必要がある。

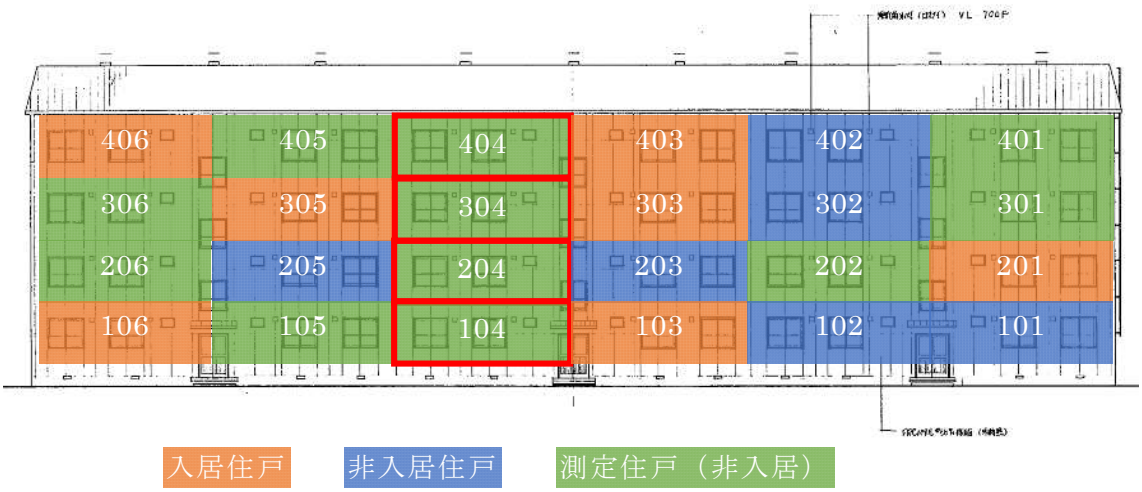


図 2.41　4 号室住戸（北西面立面図）

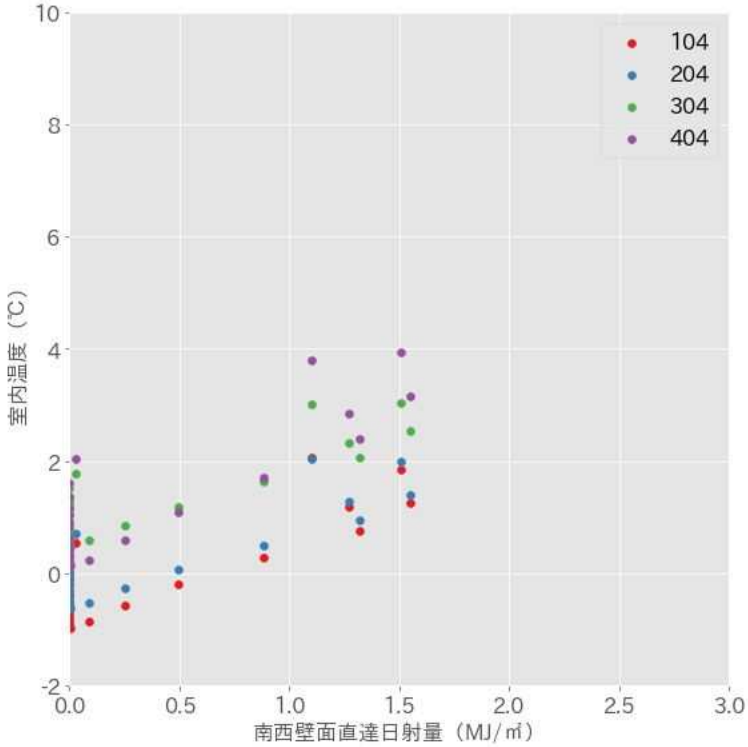


図 2.42　4 号室住戸の南西壁面直達日射量と室内温度の関係（時刻別平均温度）

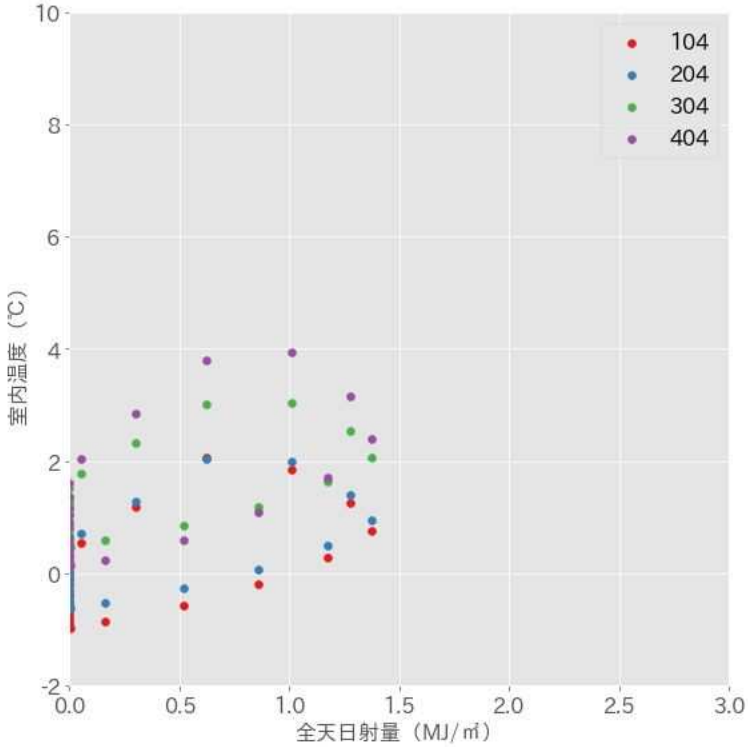


図 2.43　4 号室住戸の全天日射量と室内温度の関係（時刻別平均温度）

2.2.4　夏期の測定結果と考察

盛夏である 7 月度の測定データを用いて、入居住戸との隣接状況と室温との関係を示す。

図 2.44 は図 2.1 の再掲で、各室の入居状況と自動記録温度計の設置住戸を示している。図 2.45 は、各住戸の熱損失係数 Q 値と 7 月度平均室温の関係を表したものである。これらを見ると、1 階住戸である 104 号室と 105 号室の平均室温が突出して低いことが分かる。その他については、Q 値や隣接関係と室温の関係は見いだすことは難しいが、最上階ほど室温は高く、西側住戸となる 1 号室側住戸の室温が高くなる様子はうかがえる。

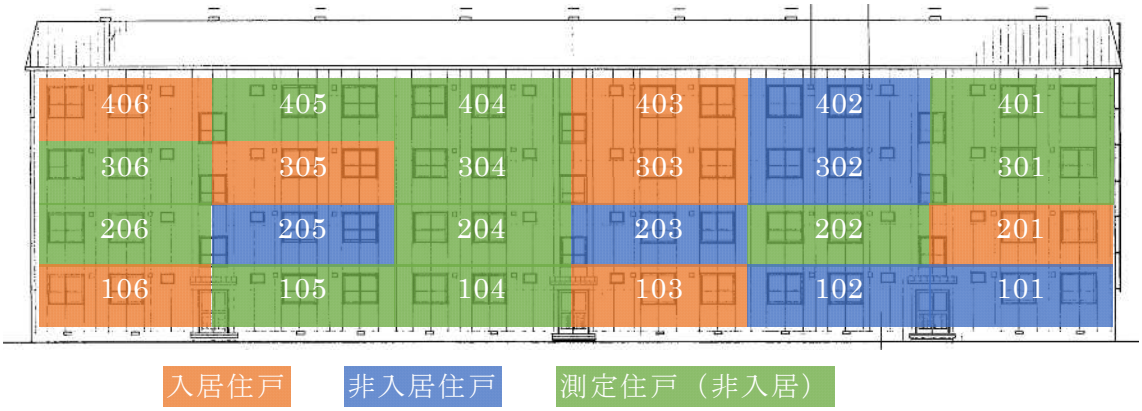


図 2.44　各室の入居状況と自動記録温度計の設置住戸（北西面立面図）

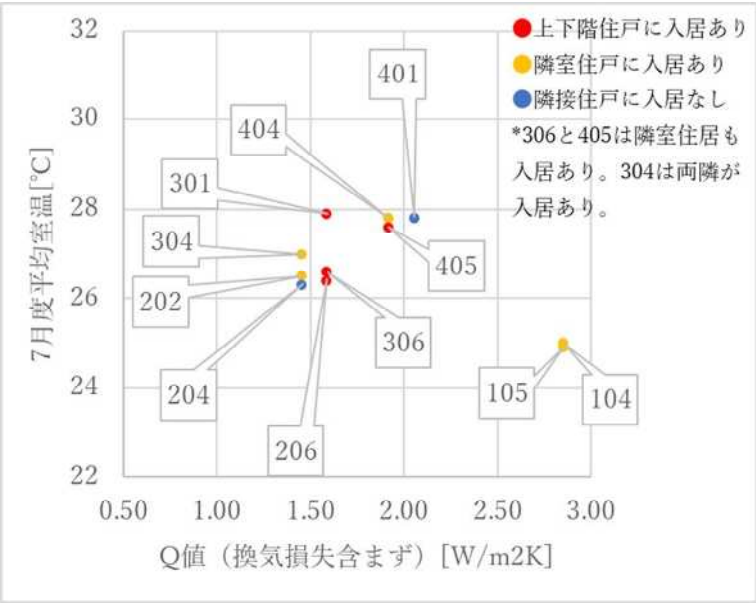


図 2.45　各住戸の熱損失係数 Q 値と 7 月度平均室温の関係

ア）入居住戸と隣接しない測定住戸の室温

入居住戸と隣接しない測定住戸を図 2.46 に示す。それらの住戸の 7 月度の室温、外気温度、南西壁面直達日射量の推移を図 2.47 に、時刻別平均温度を図 2.48 に示す。この期間の平均室温は、204 号室が 26.3℃、401 号室が 27.8℃であった。室温の日変動は 204 号室が 23.6～29.9℃、401 号室が 24.3～32.4℃で、401 号室の方が室温は高く、変動も大きい傾向であった。時刻別平均温度を見ると、401 号室は、常に、204 号室よりも室温が 1℃以上高い傾向である。401 号室は最上階であることから、置き屋根構造ではあるが、日射による屋根裏空間の加温および屋根スラブの蓄熱による火照りの影響と考えられる。

時刻別平均温度による外気温度と室内温度の関係を図 2.49 に示す。サイクルの左側（外気温度の低い側）は早朝の時間帯、右側は午後の時間帯となるが、いずれのサイクルも傾きは同程度であるので、日射による室温の急激な上昇よりも、躯体蓄熱の影響が大きいと考えられる。

時刻別平均温度による南西壁面直達日射量と室内温度の関係を図 2.50 に示す。日射の無い時間帯を除くと、これらの間には相関関係が見られる。

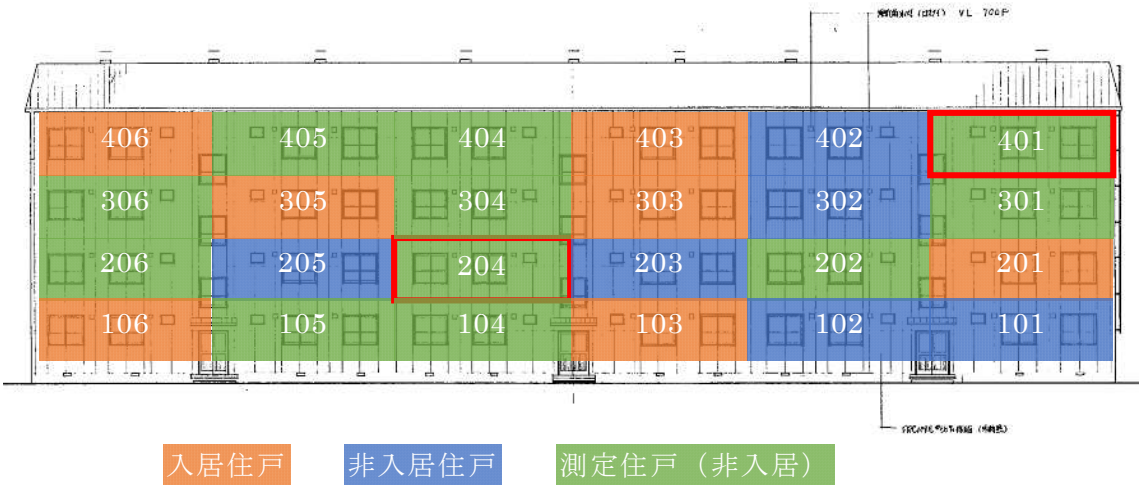


図 2.46　入居住戸と隣接しない測定住戸（北西面立面図）

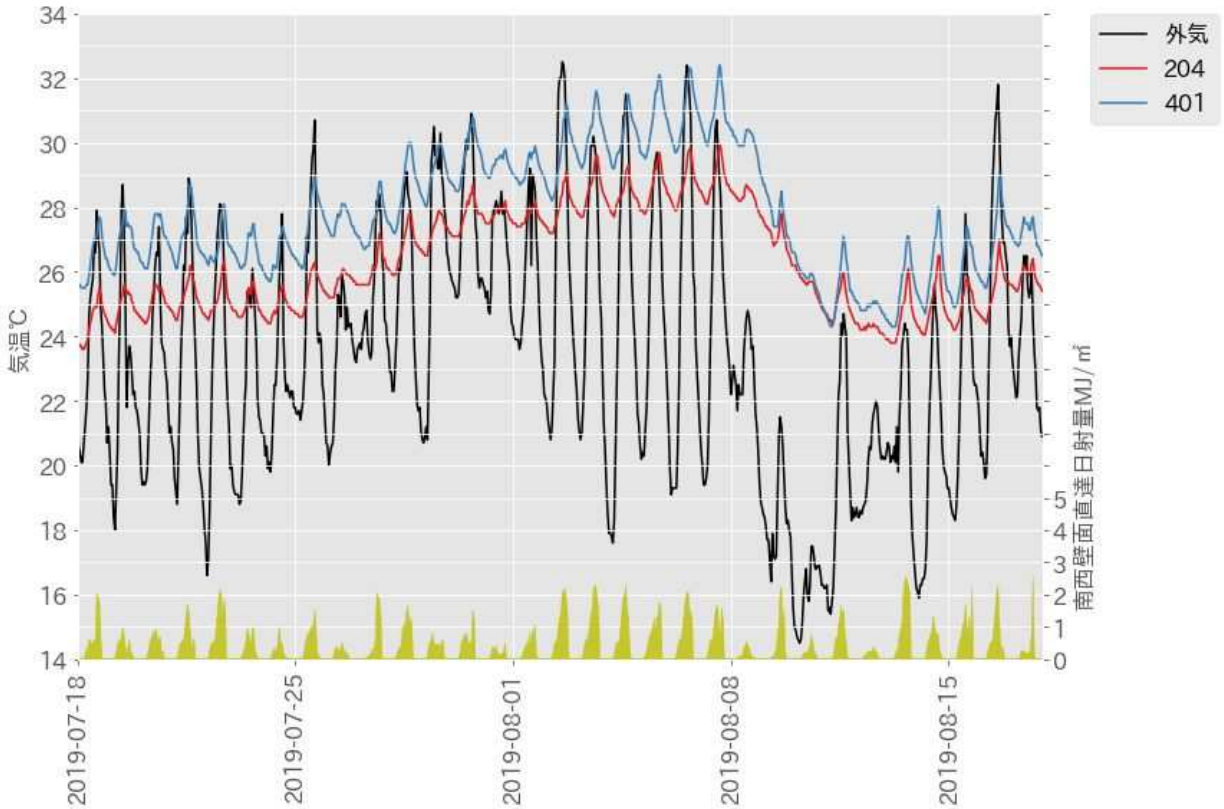


図 2.47　入居住戸と隣接しない測定住戸の室温および外気温度、南西壁面直達日射量の推移

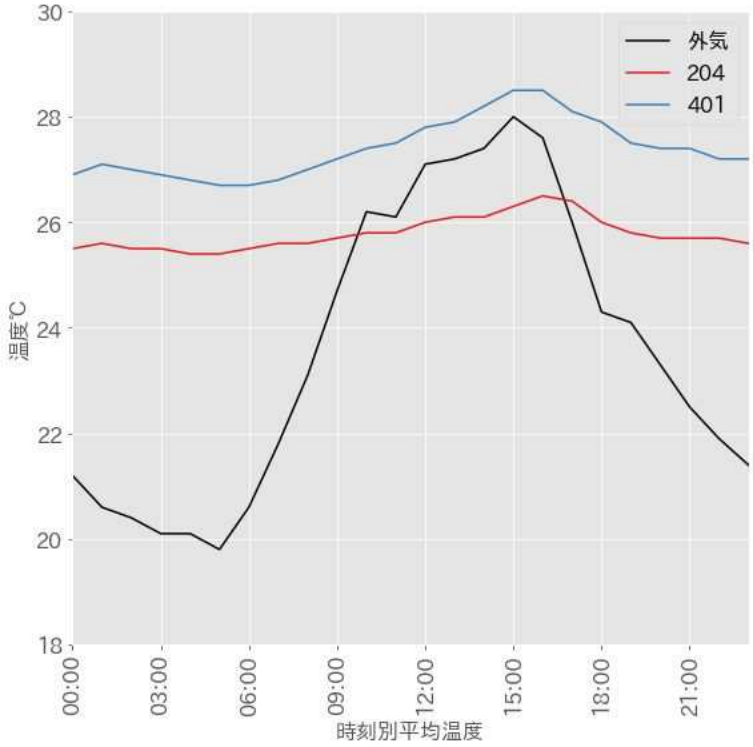


図 2.48　入居住戸と隣接しない測定住戸の時刻別平均室温（7 月度）

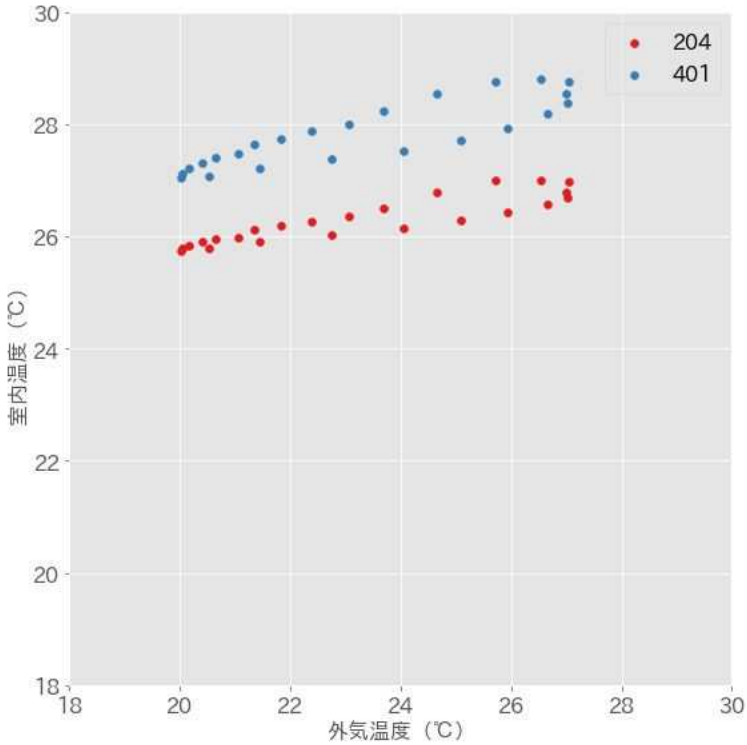


図 2.49　入居住戸と隣接しない測定住戸の外気温度と室内温度の関係（時刻別平均温度）

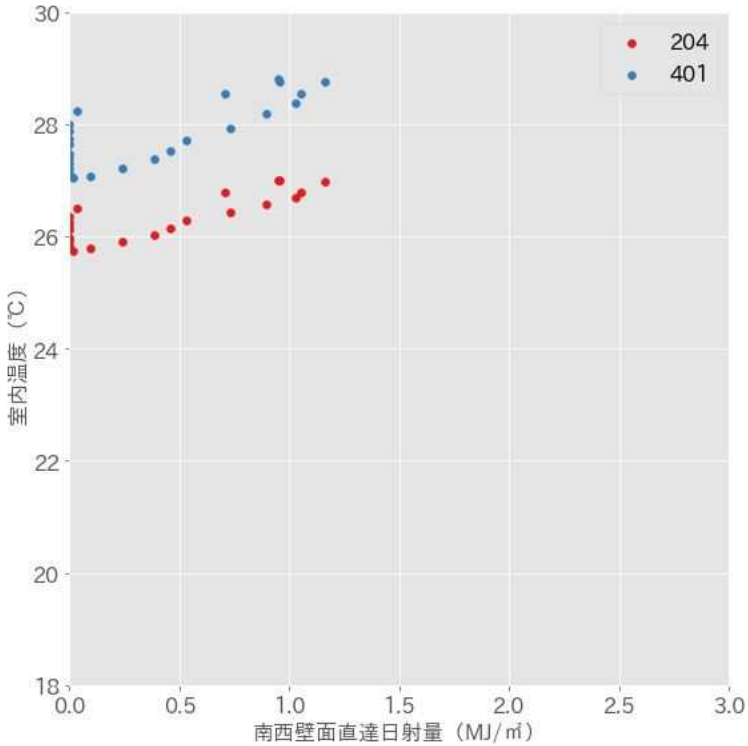


図 2.50　入居住戸と隣接しない測定住戸の南西壁面直達日射量と室内温度の関係（時刻別平均温度）

イ）入居住戸が上下階にある測定住戸の室温

入居住戸が上下階にある測定住戸を図 2.51 に示す。それらの住戸の 7 月度の室温、外気温度、南西壁面直達日射量の推移を図 2.52 に、時刻別平均温度を図 2.53 に示す。この期間の平均室温は、206 号室が 26.4℃、301 号室が 27.9℃、306 号室が 26.6℃、405 号室が 27.6℃であった。室温の日変動は、206 号室が 23.8～30.2℃、301 号室が 25.3～31.3℃、306 号室が 24.2～30.1℃、405 号室が 24.3～32.0℃であった。時刻別平均温度を見ると、中間階であるにもかかわらず、301 号室の室温が 405 号室よりも高い傾向にあるが、301 号室は西側住戸となることから西日と躯体蓄熱の影響が考えられる。405 号室は、15 時前後に室温が高くなる傾向であるが、日射による屋根裏空間の加温および屋根スラブの蓄熱による火照りの影響と考えられる。

時刻別平均温度による外気温度と室内温度の関係を図 2.54 に示す。301 号室のサイクルの膨らみが他の室よりも小さい傾向が見られるが、西日による躯体蓄熱の影響が考えられる。

時刻別平均温度による南西壁面直達日射量と室内温度の関係を図 2.55 に示す。日射の無い時間帯を除き、南西壁面直達日射量と室内温度の間に相関が見られる。

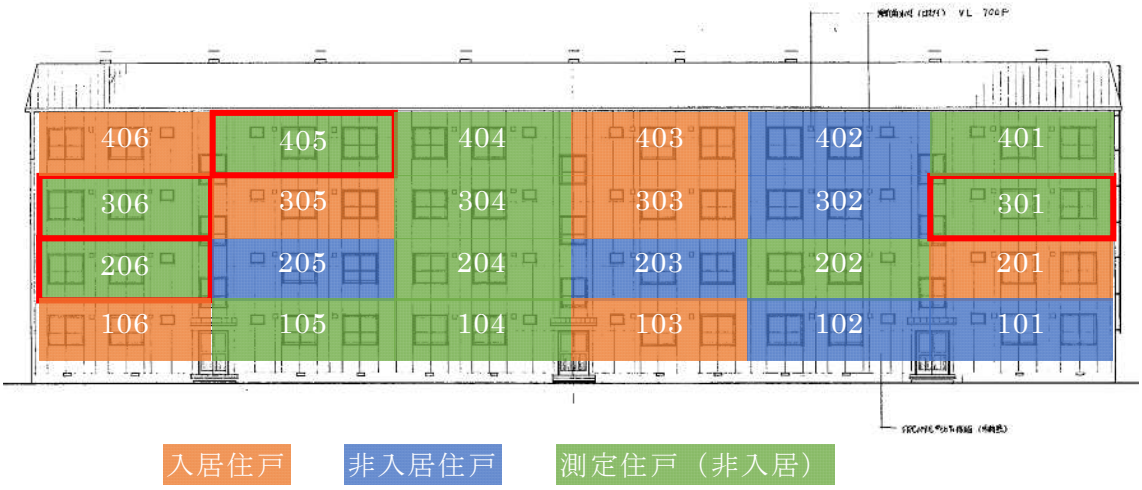


図 2.51　入居住戸が上下階にある測定住戸（北西面立面図）

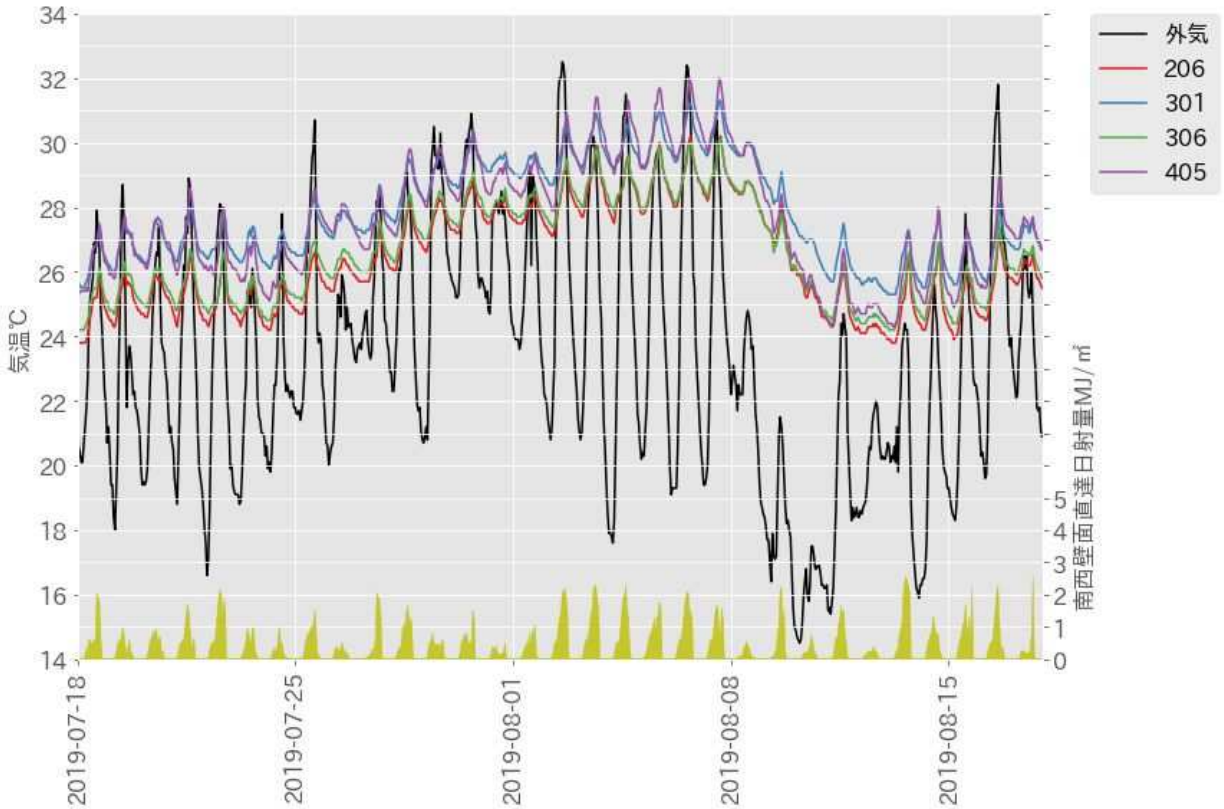


図 2.52　入居住戸が上下階にある測定住戸の室温および外気温度、南西壁面直達日射量の推移

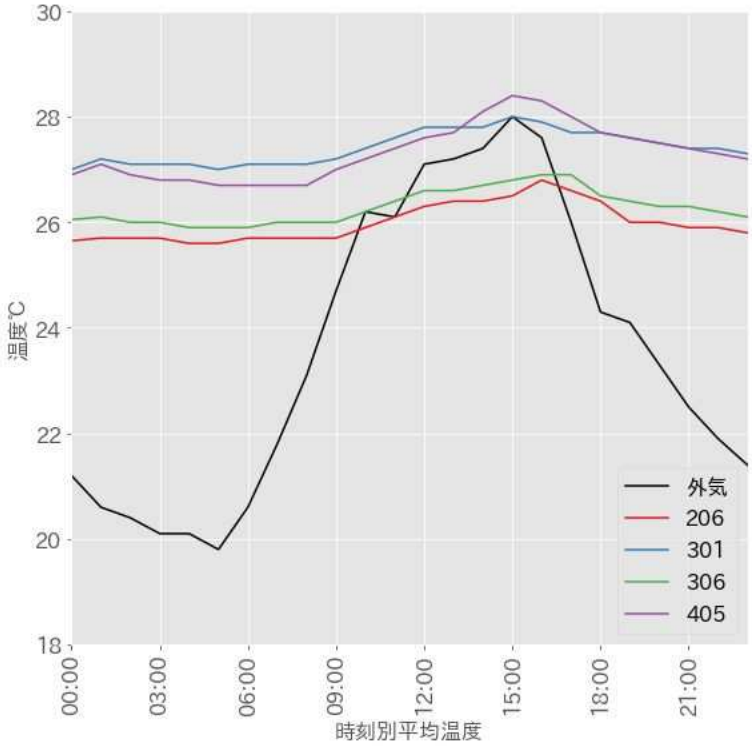


図 2.53　入居住戸が上下階にある測定住戸の時刻別平均室温（7 月度）

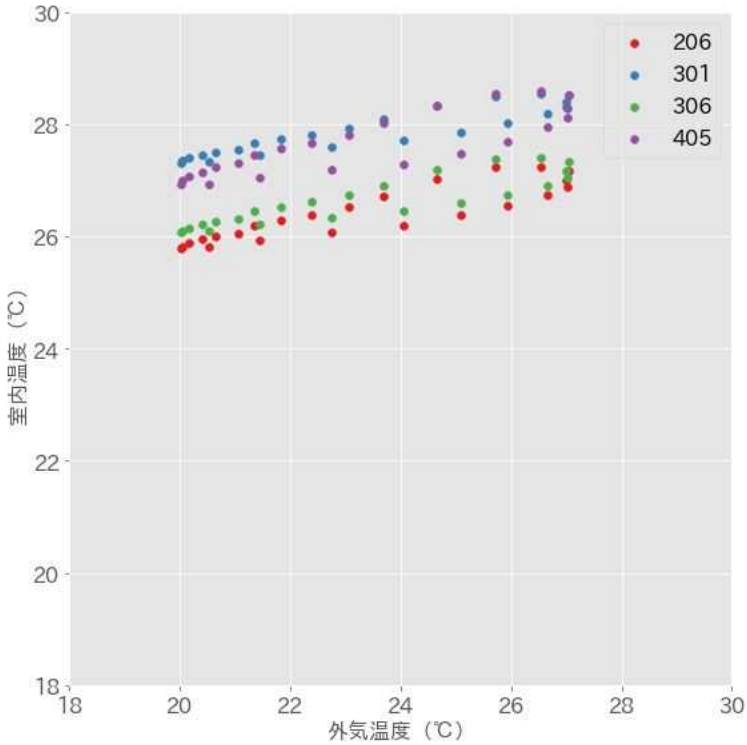


図 2.54　入居住戸が上下階にある測定住戸の外気温度と室内温度の関係（時刻別平均温度）

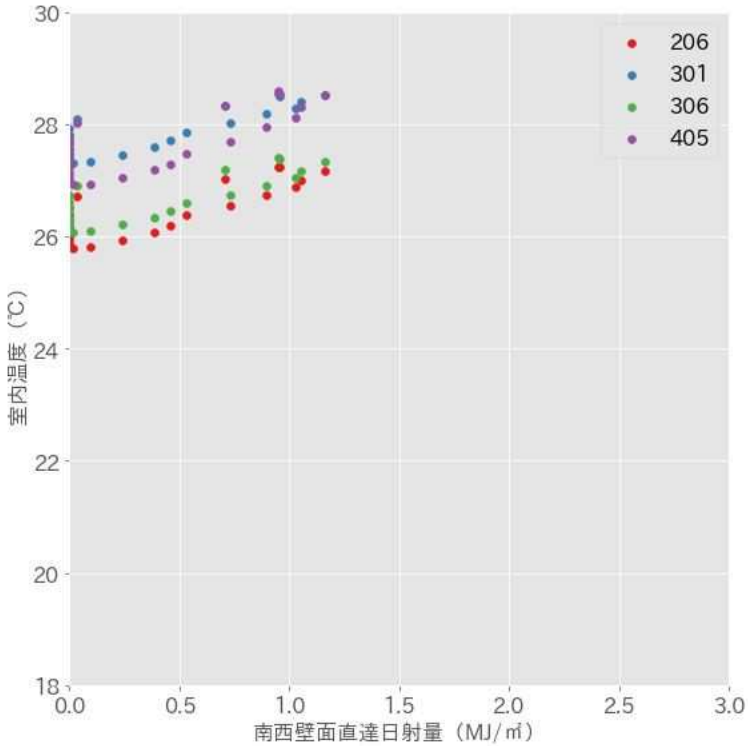


図 2.55　入居住戸が上下階にある測定住戸の南西壁面直達日射量と室内温度の関係（時刻別平均温度）

ウ）入居住戸が隣室にある測定住戸の室温

入居住戸が隣室にある測定住戸を図 2.56 に示す。それらの住戸の 7 月度の室温、外気温度、南西壁面直達日射量の推移を図 2.57 に、時刻別平均温度を図 2.58 に示す。この期間の平均室温は、104 号室が 25.0℃、105 号室が 24.9℃、202 号室が 26.5℃、304 号室が 27.0℃、306 号室が 26.6℃、404 号室が 27.8℃、405 号室が 27.6℃であった。室温の日変動は、104 号室が 22.4～28.4℃、105 号室が 22.3～28.2℃、202 号室が 24.0～30.1℃、304 号室が 24.4～30.7℃、306 号室が 24.2～30.1℃、404 号室が 24.2～32.5℃、405 号室が 24.3～32.0℃であった。時刻別平均温度を見ると、大きく最上階、中間階、最下階のグループに室温形状が分けられると言える。最上階は日射と屋根スラブの蓄熱、最下階は床下に断熱がないことから地盤の熱容量が影響しているものと考えられる。また、室温のピークが 15 時から 18 時にかけてあることからも、室温に与える蓄熱の影響は大きいと考えられる。

時刻別平均温度による外気温度と室内温度の関係を図 2.59 に示す。各サイクルの形状は類似しているが、サイクルの上側が蓄熱によって室温の低下が鈍くなっている、逆に下側が室温の上昇を鈍らせている様子が分かる。

時刻別平均温度による南西壁面直達日射量と室内温度の関係を図 2.60 に示す。日射の無い時間帯を除き、南西壁面直達日射量と室内温度の間に相関が見られるのは、これまでと同様である。

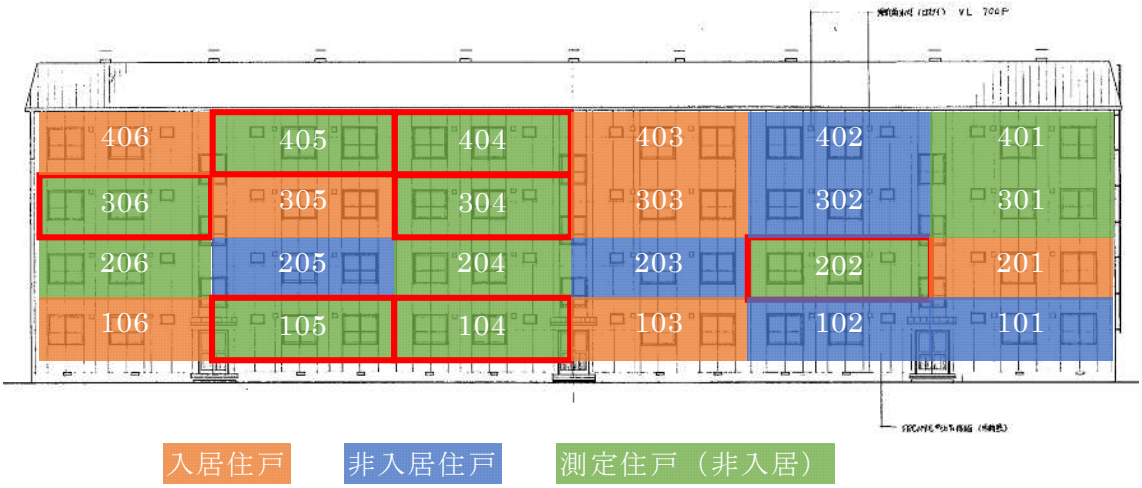


図 2.56　入居住戸が隣室にある測定住戸（北西面立面図）

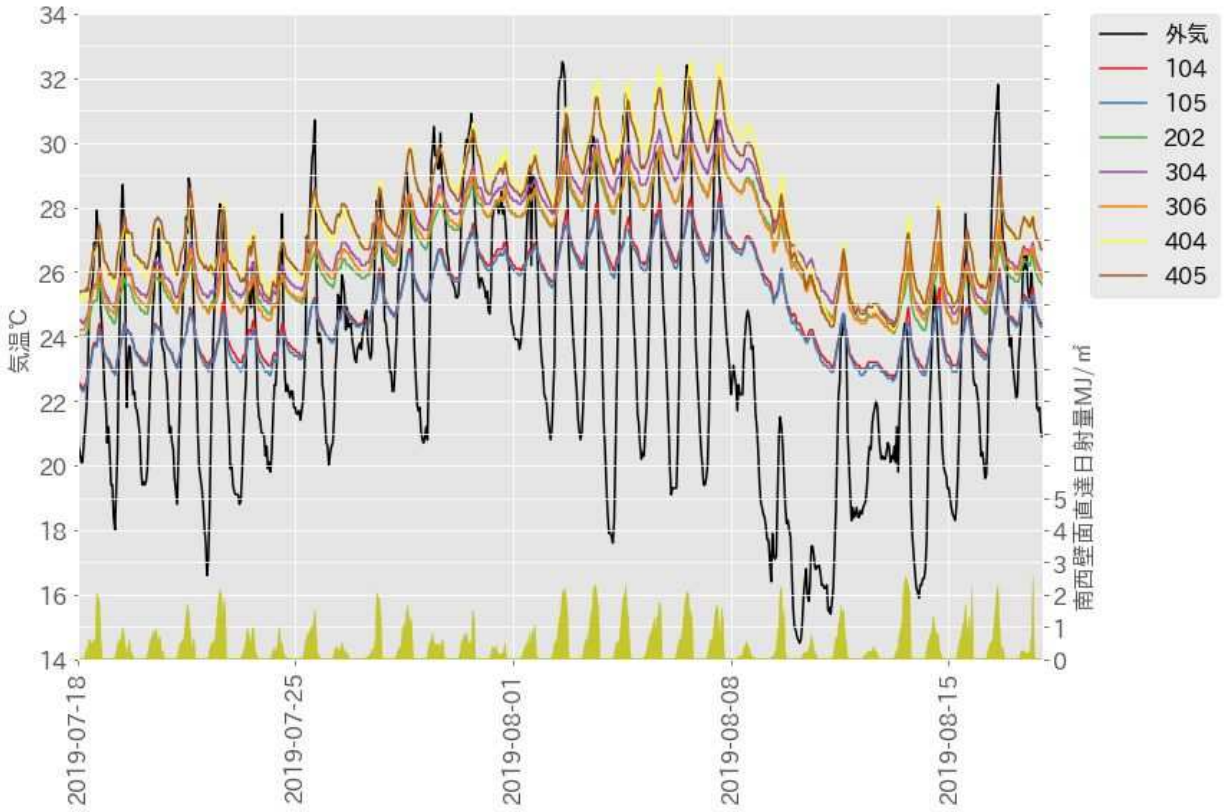


図 2.57　入居住戸が隣室にある測定住戸の室温および外気温度、南西壁面直達日射量の推移

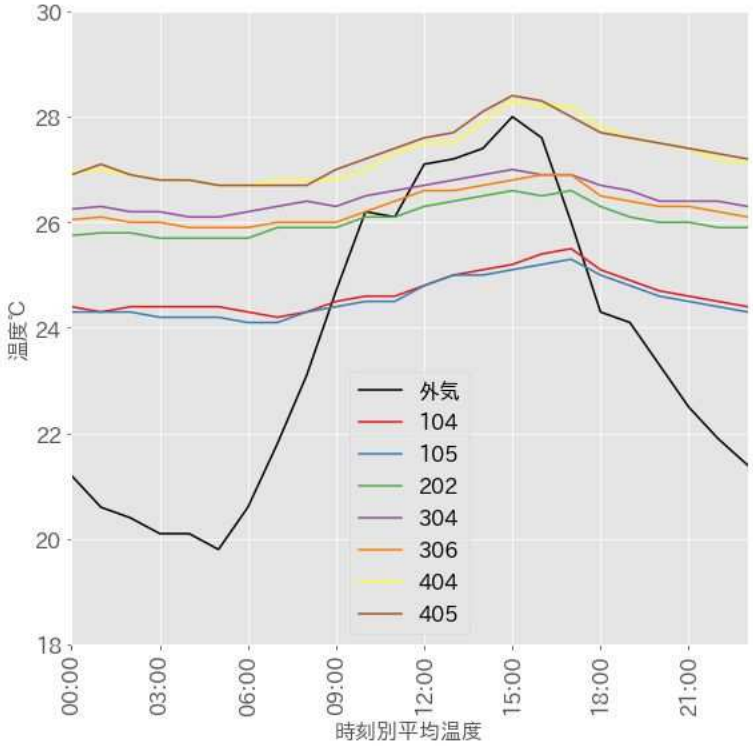


図 2.58　入居住戸が隣室にある測定住戸の時刻別平均室温（7 月度）

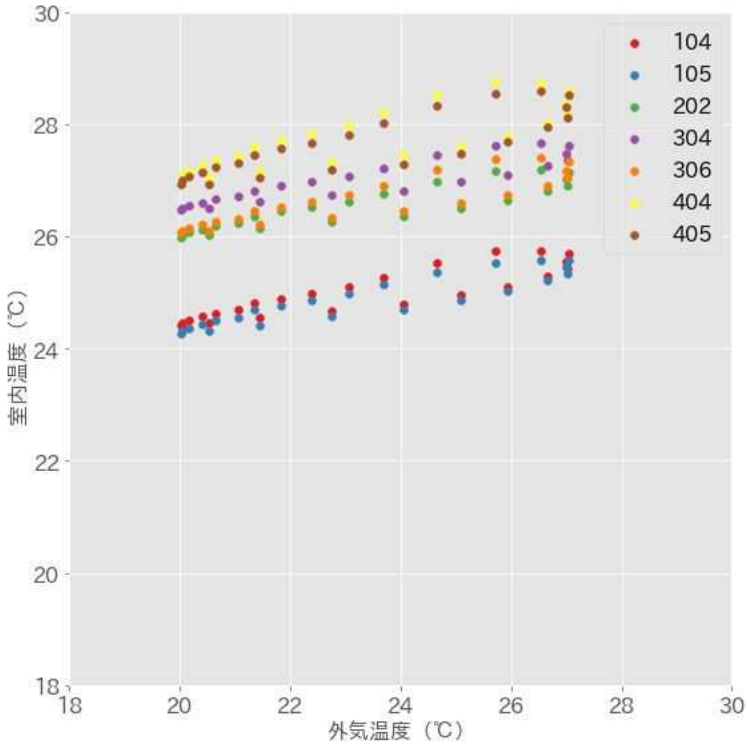


図 2.59　入居住戸が隣室にある測定住戸の外気温度と室内温度の関係（時刻別平均温度）

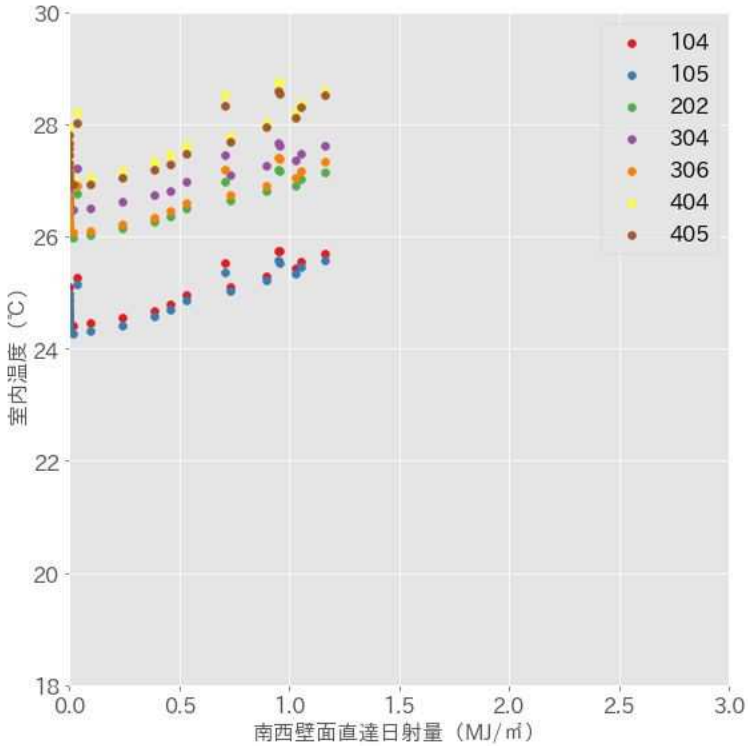


図 2.60　入居住戸が隣室にある測定住戸の南西壁面直達日射量と室内温度の関係（時刻別平均温度）

エ）最上階住戸と西側住戸の比較

最上階と西側の測定住戸を図 2.61 に示す。それらの住戸の 7 月度の室温、外気温度、南西壁面直達日射量の推移を図 2.62 に、時刻別平均温度を図 2.63 に示す。この期間の平均室温は、301 号室が 27.9℃、401 号室が 27.8℃、404 号室が 27.8℃、405 号室が 27.6℃で、同程度であった。室温の日変動は、301 号室が 25.3～31.3℃、401 号室が 24.3～32.4℃、404 号室が 24.2～32.5℃、405 号室が 24.3～32.0℃であった。時刻別平均温度を見ると、最上階住戸の室温は概ね同等であるが、301 号室は 15 時前後の室温のピークは、最上階住戸の室温よりも低く、逆に、夜間の室温は高い傾向が見られる。最上階は日射による屋根の加熱の影響が大きい反面、外皮が中間階に比べて大きいため、放熱によって室温の低下が進むが、中間階は屋根スラブなどの日射の影響は受けない反面、放熱も進みにくいため、火照り減少によって夜間の室温が比較的高くなっていると考えられる。

時刻別平均温度による外気温度と室内温度の関係を図 2.64 に示す。各サイクルの形状は比較的類似していることから、日射が直ちに室温を上昇させているのではなく、蓄熱を介して室温を上昇させていることが示唆される。

時刻別平均温度による南西壁面直達日射量と室内温度の関係を図 2.65 に示す。これらの南西壁面直達日射量と室内温度の関係は類似性が高いと言える。

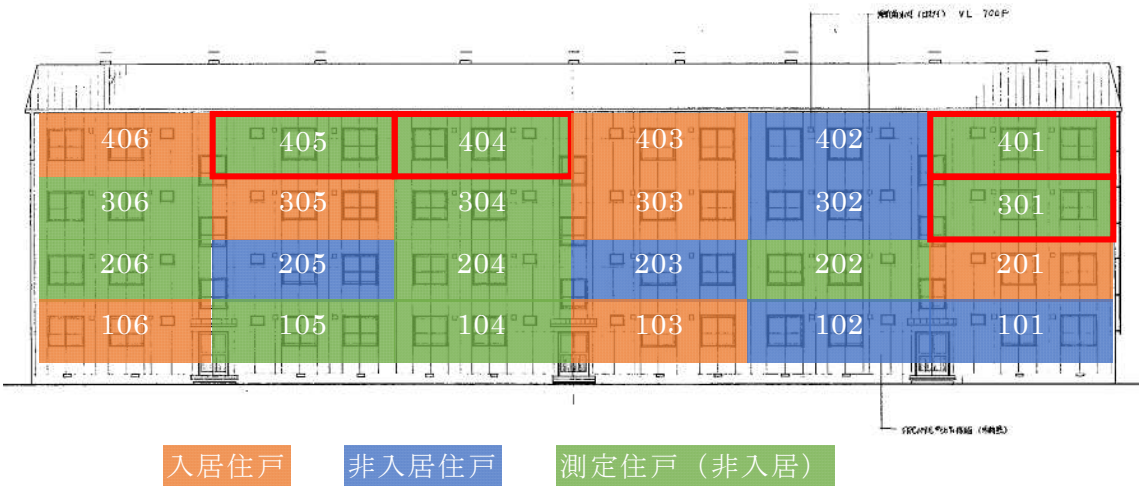


図 2.61　最上階と西側の測定住戸（北西面立面図）

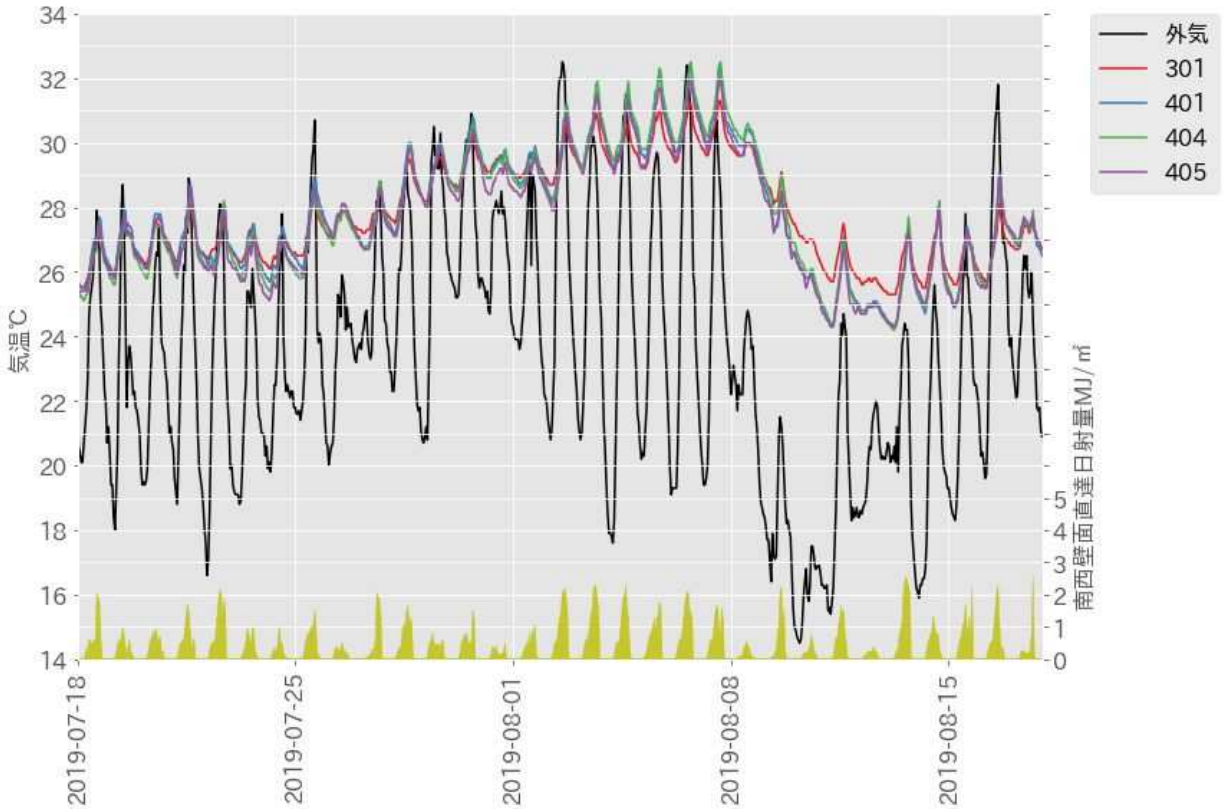


図 2.62　最上階と西側の測定住戸の室温および外気温度、南西壁面直達日射量の推移

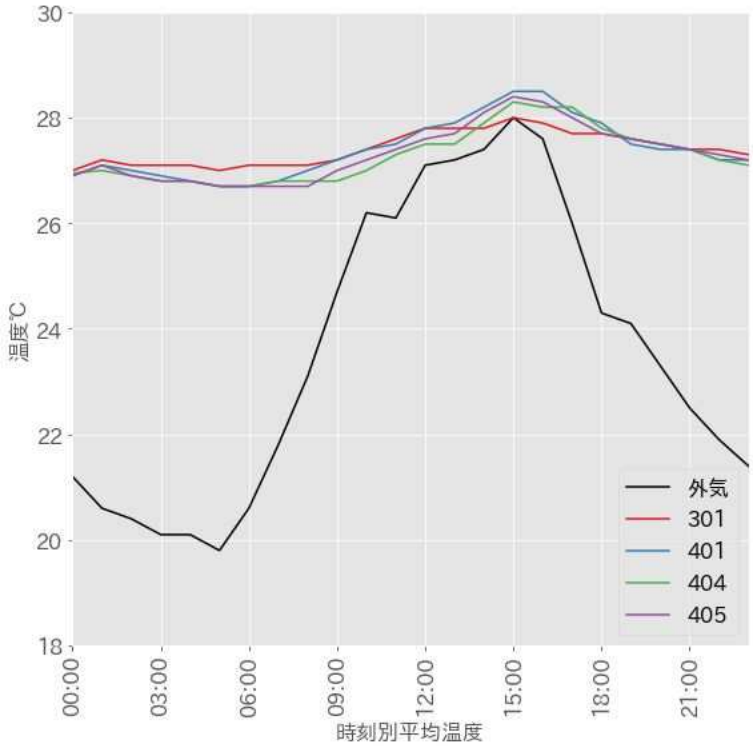


図 2.63　最上階と西側の測定住戸の時刻別平均室温（7 月度）

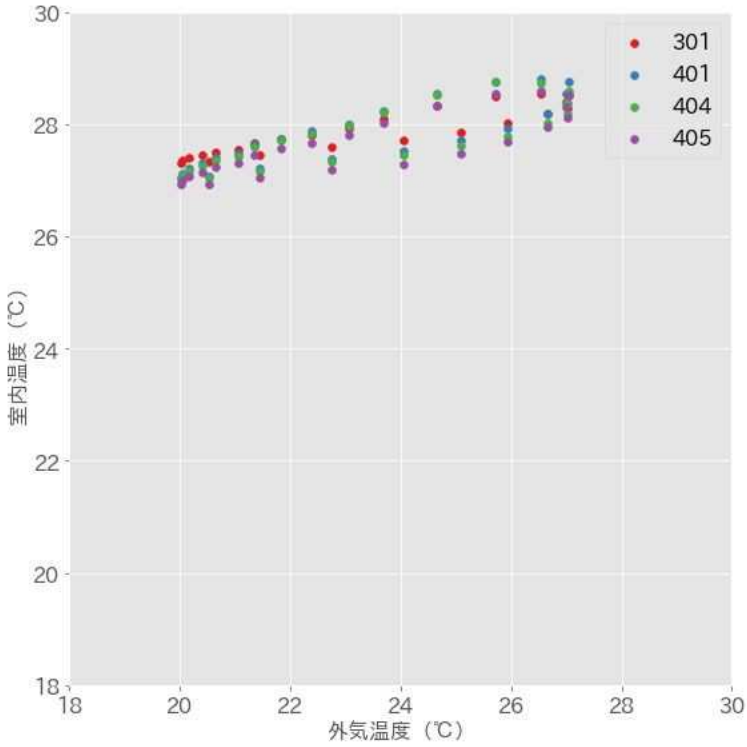


図 2.64　最上階と西側の測定住戸の外気温度と室内温度の関係（時刻別平均温度）

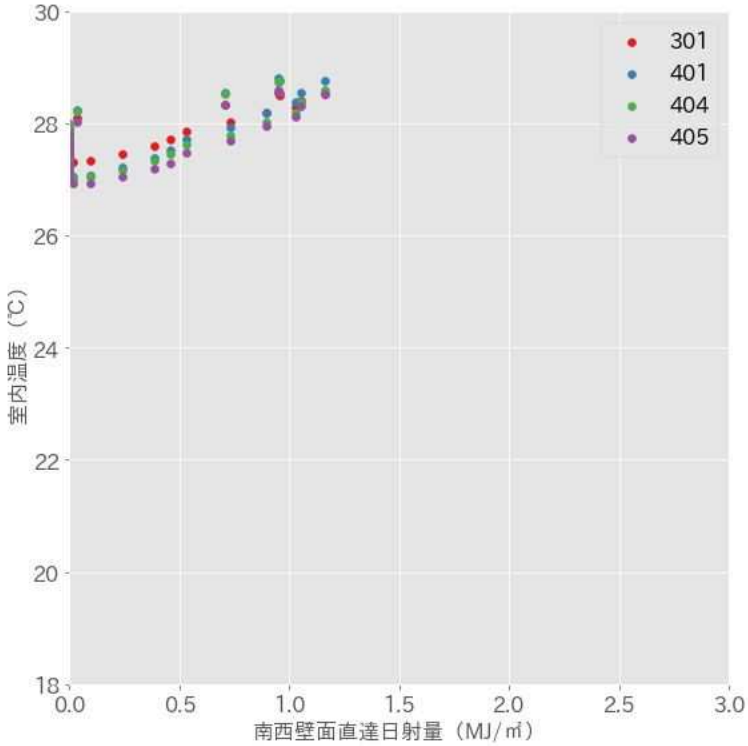


図 2.65　最上階と西側の測定住戸の南西壁面直達日射量と室内温度の関係（時刻別平均温度）

§3　耐久性能調査

3.1　調査方法

3.1.1　各建築物における調査項目および数量・範囲

表 3.1 に各建築物における調査項目および数量・範囲を示す。建築物Ａは現在供用中であるため、耐久性能調査は実施していない。

表 3.1　各建築物における調査項目および数量・範囲

調査項目			数量および範囲			
			建築物Ａ	建築物Ｂ	建築物Ｃ	建築物Ｄ
非破壊調査	設計図書の調査		－	○	○	○
	外部目視調査		－	○	○	○
破壊調査	コンクリート躯体調査	コンクリートコア採取	－	○（16 本）	○（24 本）	○（12 本）
		中性化試験（コア法）	－	○	○	○
		圧縮強度試験	－	○	○	○
		鉄筋腐食程度確認	－	○	○	○
	外断熱調査	外断熱背面調査	－	○	○	－
		ファスナーの引抜強度試験	－	○	○	－
		断熱材の性能試験	－	○	－	－

3.1.2　各調査の概要

(1)　設計図書の調査

確認可能な設計図書を読み込み、関連する情報を把握した。今回確認した設計図書は所有者より提供された改修時の設計図書と、調査対象建築物と同時期に同仕様で建設されたと考えられる建築物の仕様書である。

(2)　外部目視調査

外壁の劣化状況を目視にて確認した。確認された劣化を図面に記録し、代表的なものについては写真撮影を行った。

(3) コンクリート躯体調査

a. コンクリートコア採取

対象建築物より JIS 1107「コンクリートからのコアの採取方法及び圧縮強度試験方法」に従い、コンクリートコア供試体を採取した。コア採取位置を**図 3.1.1～図 3.1.5** に示す。コア採取位置は、同条件で 3 本ずつコアを採取できるように設定した。条件については調査時間を勘案し、外断熱の有無、採取する壁の方位、採取する階を変化させている。

コア採取位置においては、あらかじめ電磁波レーダー方式または電磁誘導方式鉄筋探査機を用いてコンクリートコア採取位置の配筋状況を確認し、コア中に鉄筋が含まれるように位置を決定した。その後コアボーリングマシンにより、鉄筋を含むコアを採取した。

写真 3.1.1　コンクリートコア採取状況

写真 3.1.2　採取したコンクリートコア

【凡例】

▲　コンクリートコア採取位置

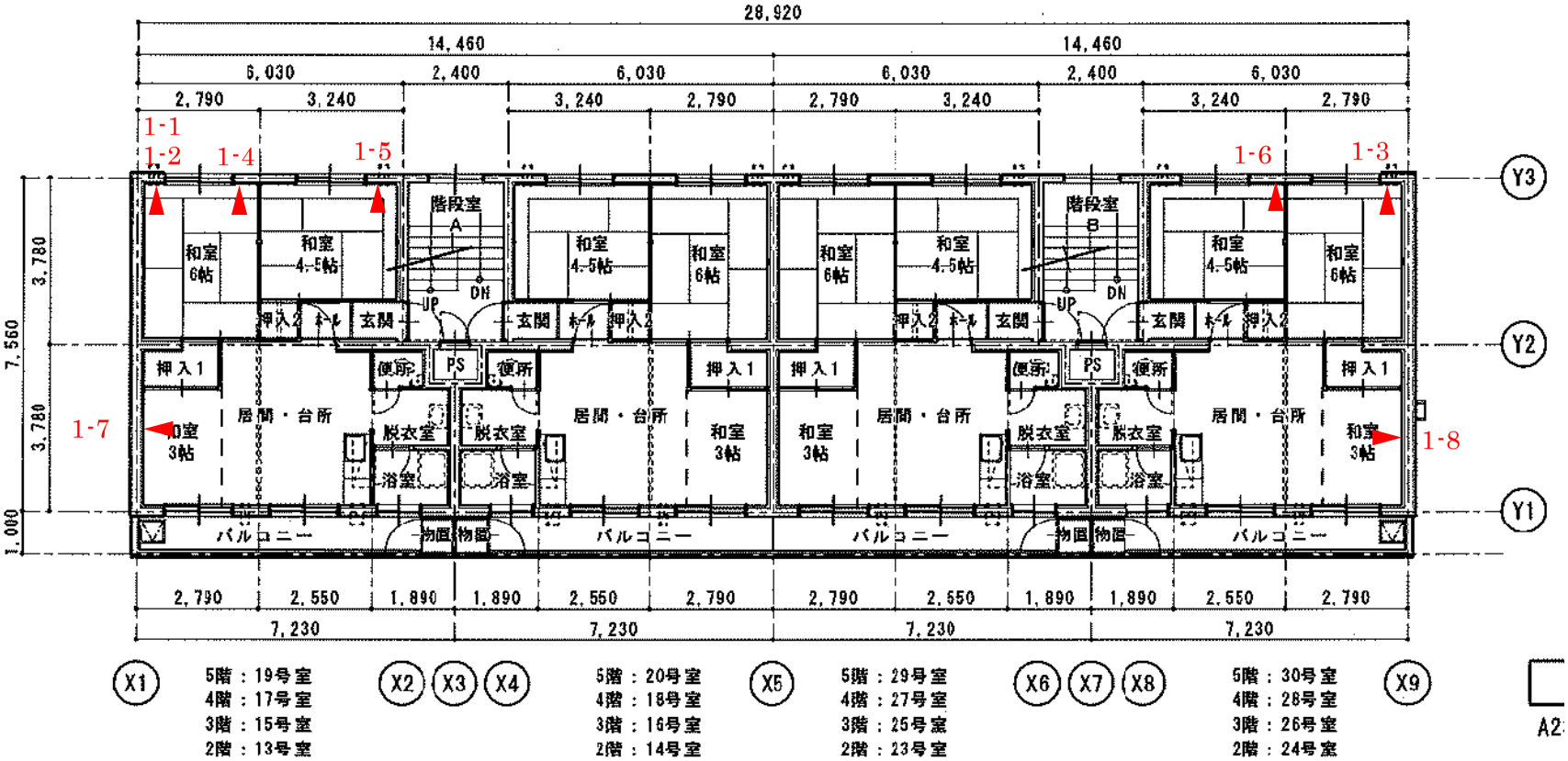


図 3.1.1　コンクリートコア採取位置（建築物 B：1 階）

【凡例】

▲　コンクリートコア採取位置

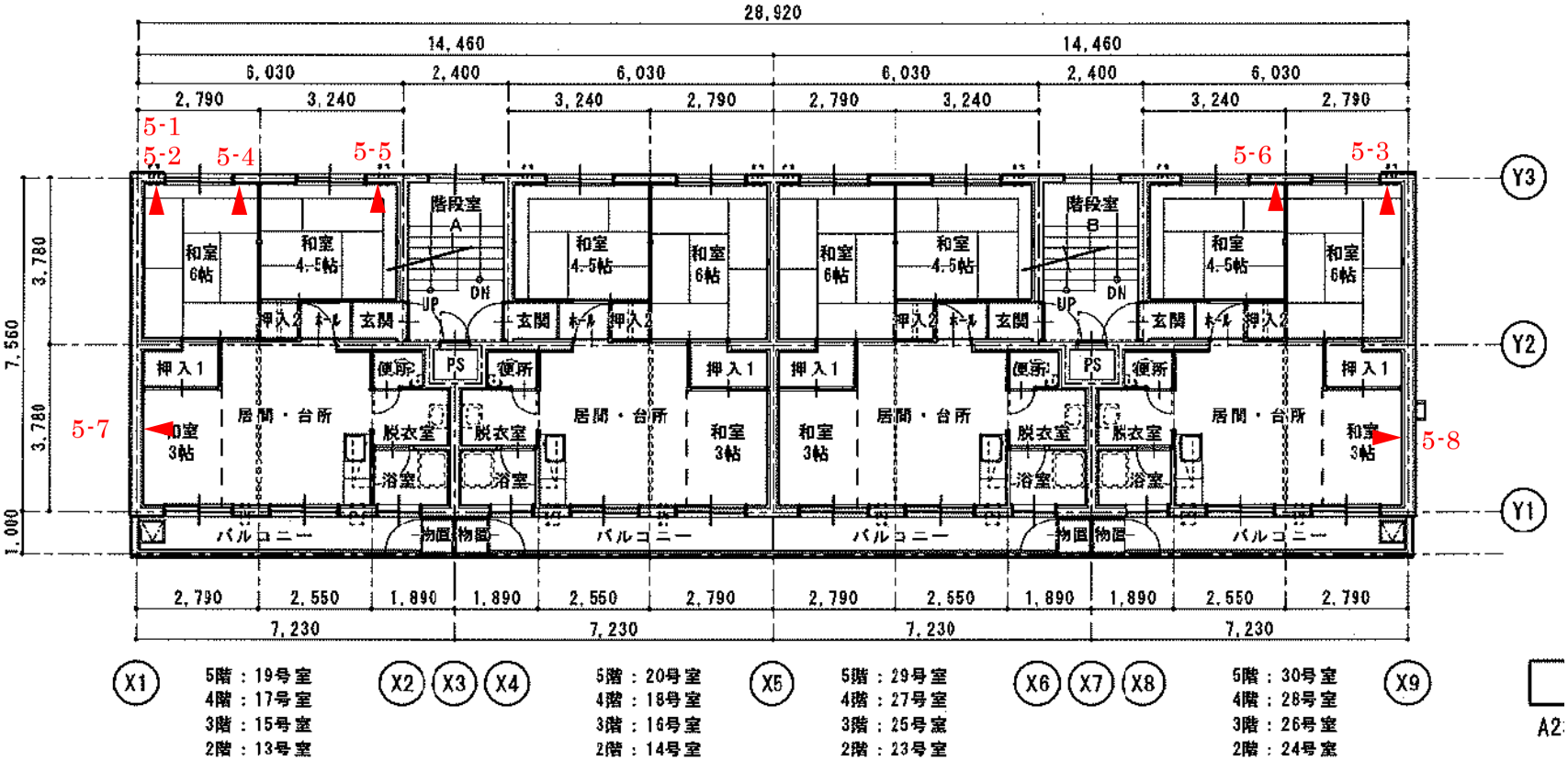


図 3.1.2　コンクリートコア採取位置（建築物 B：5 階）

【凡例】

▲　コンクリートコア採取位置

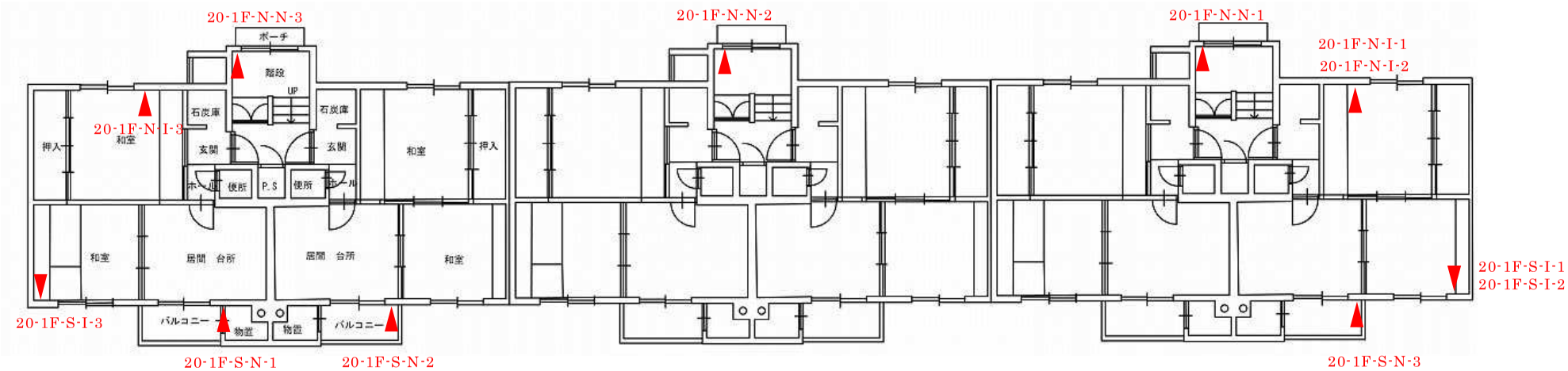


図 3.1.3　コンクリートコア採取位置（建築物 C：1 階）

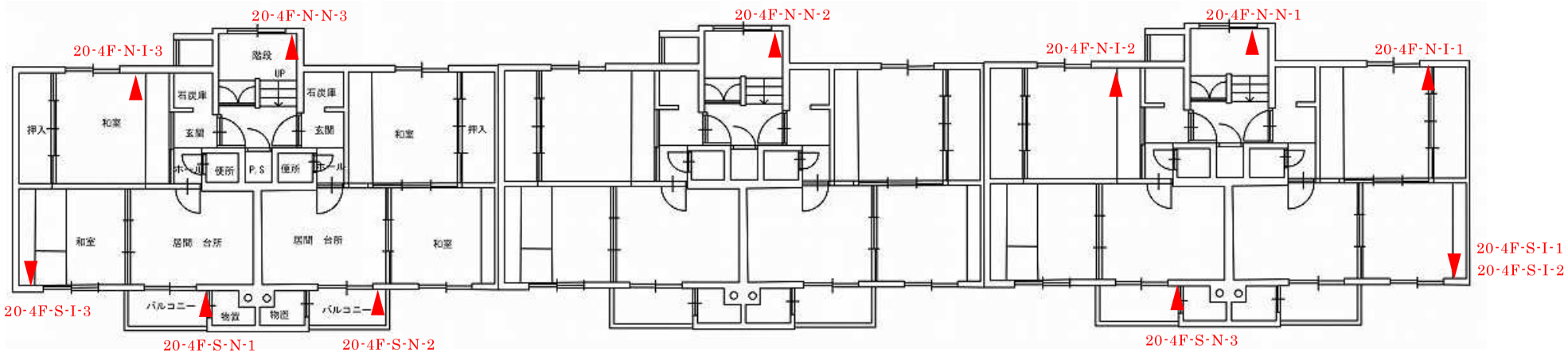


図 3.1.4　コンクリートコア採取位置（建築物 C：4 階）

【凡例】

▲　コンクリートコア採取位置

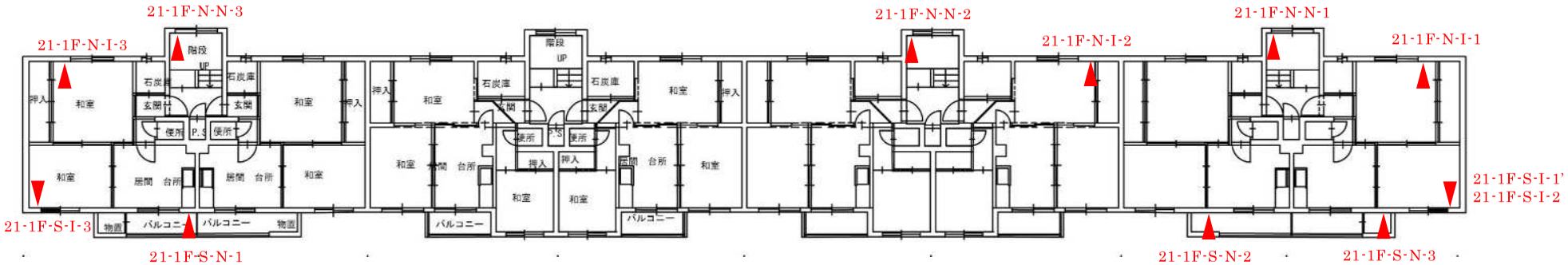


図 3.1.5　コンクリートコア採取位置(建築物 D：1 階)

b. 中性化試験（コア法）

試験は採取した供試体を用いて JIS A 1152「コンクリートの中性化深さの測定方法」に従い実施した。抜き取ったコア供試体を清水にて洗浄後、コア側面にフェノールフタレイン 1%溶液を噴霧し、コンクリート表面から赤着色部分までの距離をノギス・スケール等により測定した。測定点数は、直径に対し 6 点とした。

写真 3.1.3　中性化深さ測定状況

c. 圧縮強度試験

採取したコンクリートコア供試体を用いて圧縮強度試験を行った。試験は JIS A 1107「コンクリートからのコアの採取方法及び圧縮強度試験方法」に準拠し、北海学園大学にて実施した。

写真 3.1.4　圧縮強度試験状況

d. **鉄筋腐食程度確認**

コンクリートコアに含まれた鉄筋の腐食程度を確認した。腐食程度は目視にて確認し、日本建築学会「鉄筋コンクリート造建築物の耐久性調査・診断および補修指針（案）・同解説」に示される 5 段階評価に準拠して鉄筋腐食グレードを決定した。各腐食グレードの評価基準を**表 3.1.2** に示す。

表 3.1.2　鉄筋腐食グレードの評価基準

グレード	評点	評価基準
Ⅰ	0	腐食がない状態、または表面にわずかな点錆が生じている状態
Ⅱ	1	表面に点錆が広がって生じている状態
Ⅲ	2	点錆がつながって面錆となり、部分的に浮き錆が生じている状態
Ⅳ	4	浮き錆が広がって生じ、コンクリートに錆が付着し、断面積で 20%以下の欠損を生じさせている箇所がある状態
Ⅴ	6	厚い層状の錆が広がって生じ、断面積で 20%を超える著しい欠損を生じている箇所がある状態

【出典】日本建築学会「鉄筋コンクリート造建築物の耐久性調査・診断および補修指針（案）・同解説」

(4)　**外断熱調査**

a. **外断熱背面調査**

外断熱が施工されている各面において外断熱材を解体しその背面の状況を目視観察した。外断熱撤去位置を**図 3.1.6**、**図 3.1.7** に示す。

b. **ファスナーの引抜強度試験**

建研式引張強度試験器を用いてファスナーの引張強度試験を行った。調査位置を**図 3.1.6**、**図 3.1.7** に示す。ファスナー周辺の外断熱パネルを撤去した後、試験器をセットし試験を行った。

写真 3.1.5　ファスナーの引抜強度試験状況

c. **断熱材の性能試験**

外断熱パネルから採取した試験片を用いて、断熱材の性能試験を行った。

【凡例】

外断熱撤去位置

引抜強度試験位置

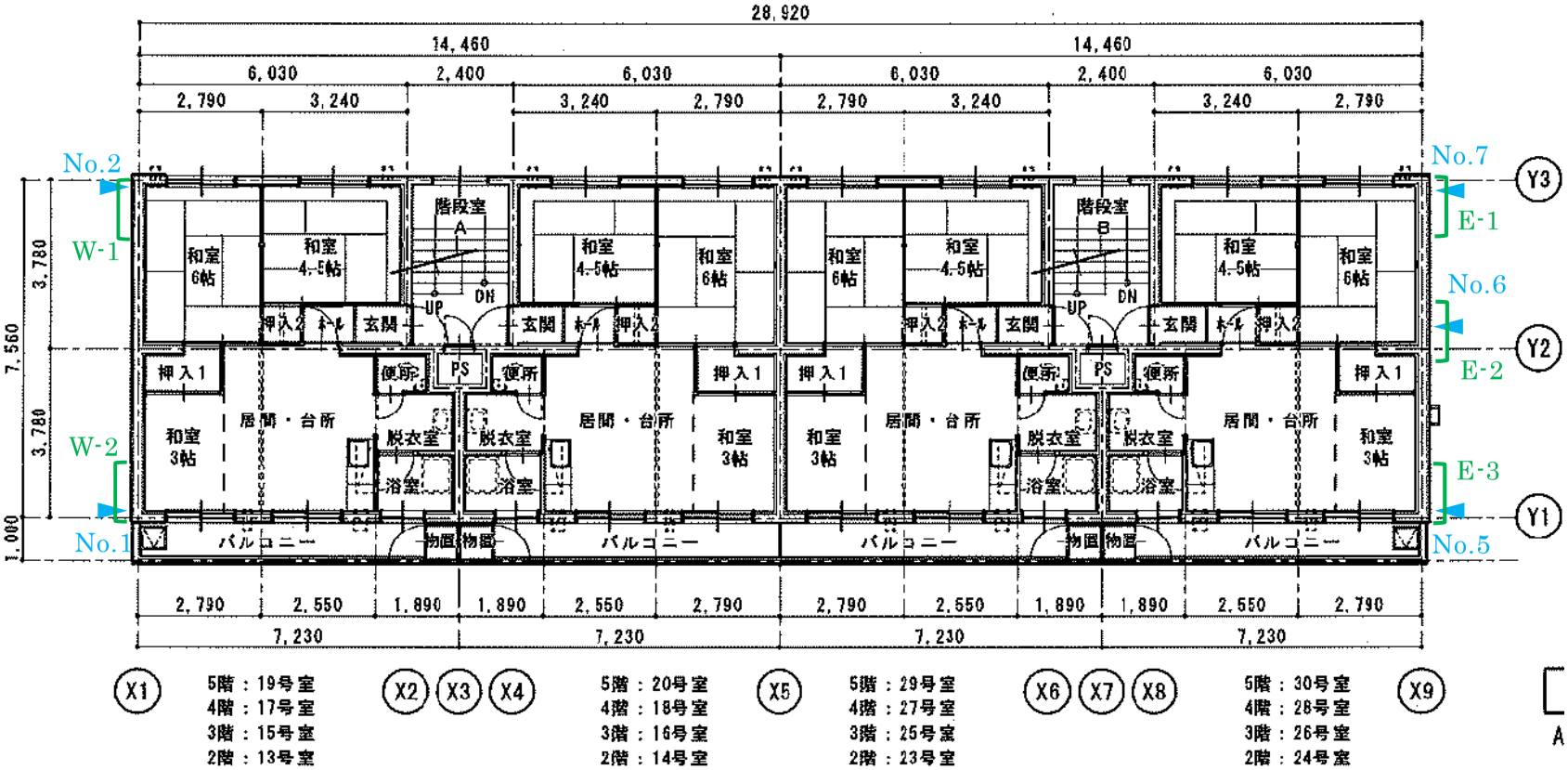


図 3.1.6　外断熱撤去・引抜強度試験位置（建築物 B：1 階）

【凡例】

外断熱撤去位置

引抜強度試験位置

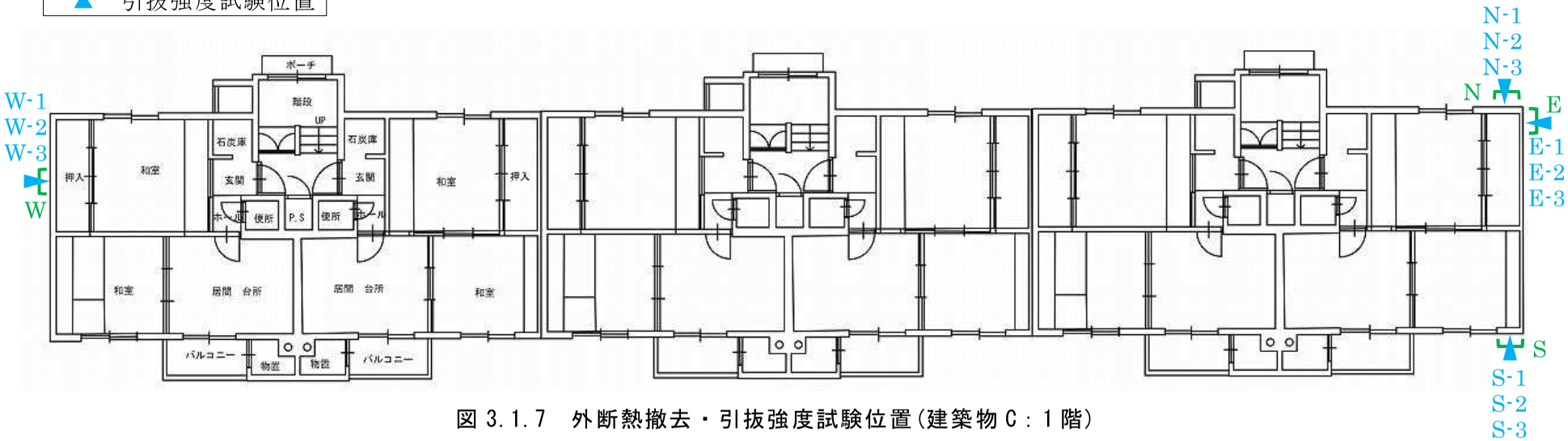


図 3.1.7　外断熱撤去・引抜強度試験位置(建築物 C：1 階)

3.2　調査結果および考察

3.2.1　建築物 B

(1)　設計図書の調査

本建築物に関連して確認できた設計図書は、調査後に実施される解体工事の設計図である。ここから間取り、仕上げ仕様、断熱状況、壁厚などを確認できた。確認した内容を**表 3.2.1** にまとめる。

また、昭和 46 年に同地域に同じ施主により建設された建築物の仕様書を見ると、コンクリートの設計基準強度は 135kg/cm^2 と記載されていたことから、これを参考にしてコンクリート強度を評価することとする。

表 3.2.1　設計図書調査結果

項目		設計図書の記述
外部	外壁(外断熱なし)仕上げ	合板型枠コンクリート打放しの上防水塗装(EP リシン)スプレー2 回
	外断熱仕様	外断熱パネル t50(繊維混入セメント板 t12+FP 板 t38)の上防水塗装(EP リシン)スプレー2 回
	屋根	長尺カラー鉄板 t0.35 蟻掛葺
	バルコニー床	防水モルタル塗
	バルコニー天井	コンクリート打放しの上防水塗装吹付け(EP リシン)
内部	最上階天井	発泡樹脂板 38 ㎜打込みの上 EP リシン吹付け
	各階北部屋天井	外壁躯体内側から 900 ㎜まで発泡樹脂板 25 ㎜打込みの上 EP リシン吹付け
	各階北部屋床	発泡樹脂板 25 ㎜敷込み
	各階北部屋外壁 最下階床	ターフェルト、グラスウール 50 ㎜
躯体	壁厚	1～4 階 180 ㎜、5 階 150 ㎜

(2)　外部目視調査

調査結果を図 3.2.1～図 3.2.5 にまとめる。

a.　一般外壁、バルコニー先端

雨水、結露水、日射等の影響を受けやすい部位を起点とした塗装剥がれ、腐食鉄筋の露出が確認される状況である。バルコニー手摺支柱基部も腐食している。施工精度はあまりよくないようであり、かぶり厚さが小さい箇所が散見された。

写真 3.2.1　バルコニー面の状況

写真 3.2.2　先端部での爆裂

写真 3.2.3　北西面開口下部の状況

写真 3.2.4　同接写

写真 3.2.5　基礎立上り部の爆裂状況

写真 3.2.6　かぶり厚さ測定結果

b.　外断熱部分

劣化現象として、シーリングの破断･ファスナー頭の露出が確認された。いずれも日射の影響が大きい南西面において顕著であった。

写真 3.2.7　南西面外断熱部分の状況

写真 3.2.8　同接写

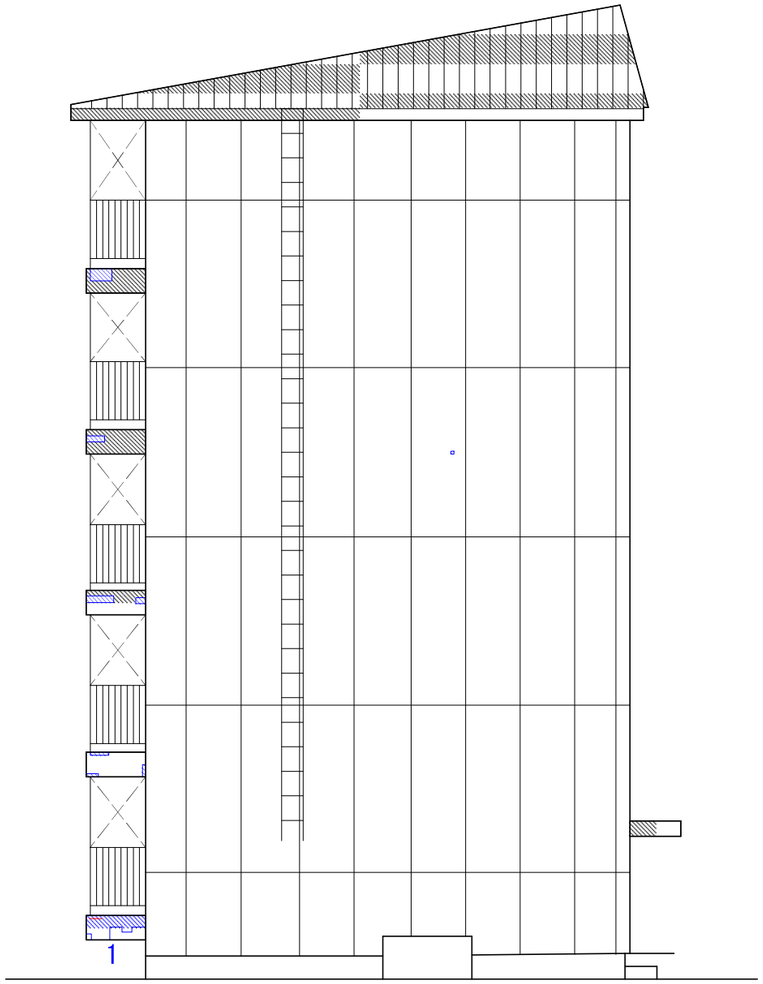
写真 3.2.9　北東面外壁の状況

写真 3.2.10　同接写

凡　　例

- 外装材膨れ
- 外装材剥がれ
- 欠損
- ヒビ割れ
- 鉄筋露出、腐食
- サビ汚れ
- エフロレッセンス
- 調査対象外

※数字は数量表の番号



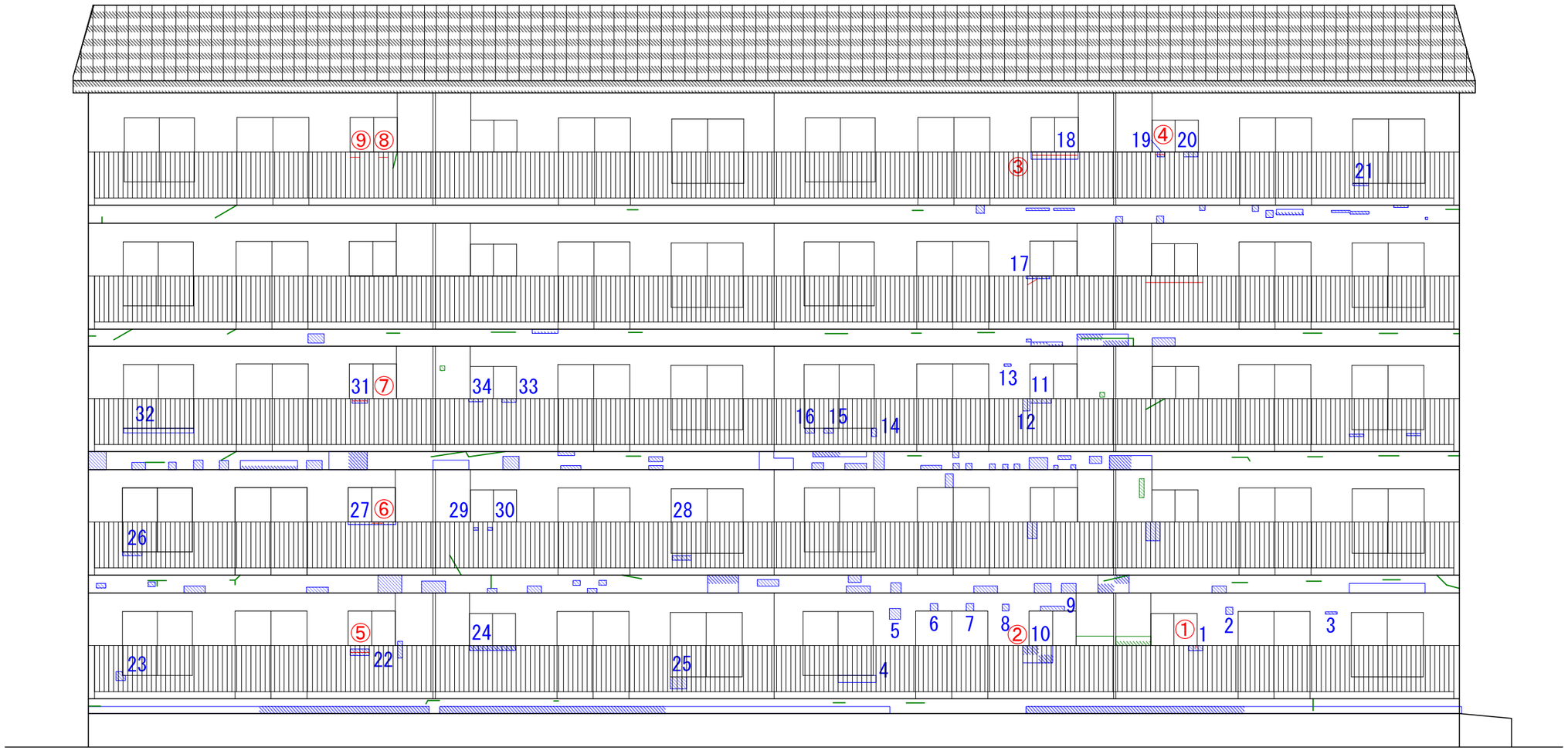
東面劣化状況図　縮尺1/100

図3.2.1　建築物B-外壁調査図面	作成者 笹本真輝　薮田　翼	日付 H30.6.28	北海学園大学工学部建築学科足立研究室

凡　　例

- 外装材膨れ
- 外装材剥がれ
- 欠損
- ヒビ割れ
- 鉄筋露出、腐食
- サビ汚れ
- エフロレッセンス
- 調査対象外

※数字は数量表の番号



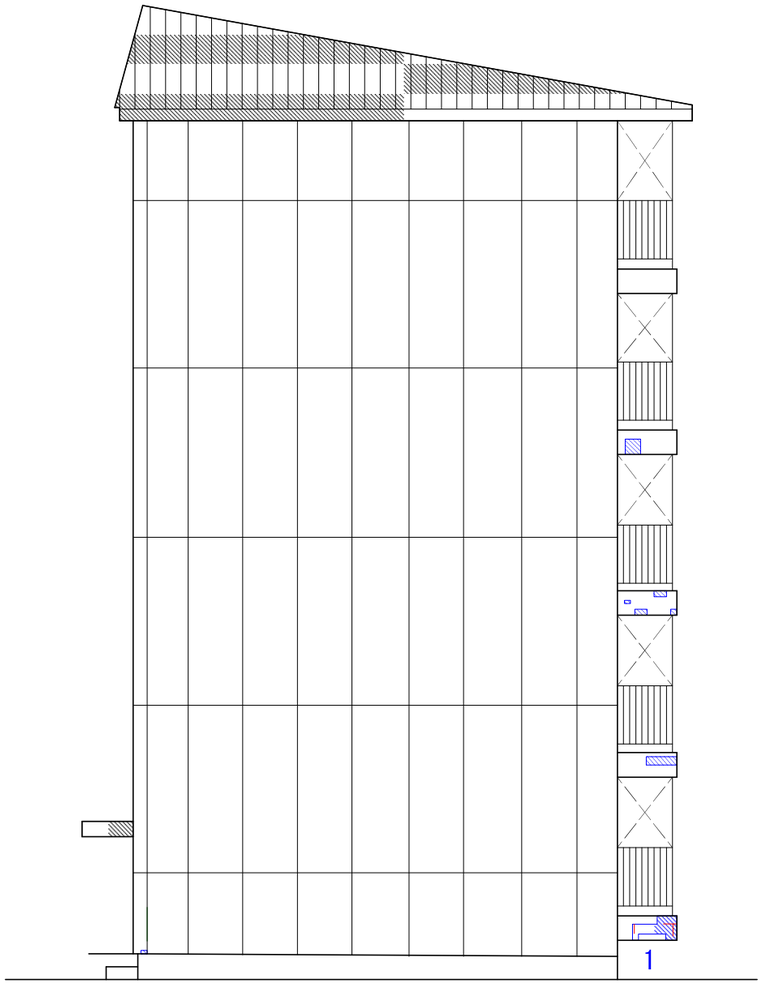
南面劣化状況図　縮尺1/100

図3.2.2　建築物B-外壁調査図面	作成者 笹本真輝　薮田　翼	日付 H30.6.28	北海学園大学工学部建築学科足立研究室

凡　　例

- 外装材膨れ
- 外装材剥がれ
- 欠損
- ヒビ割れ
- 鉄筋露出、腐食
- サビ汚れ
- エフロレッセンス
- 調査対象外

※数字は数量表の番号

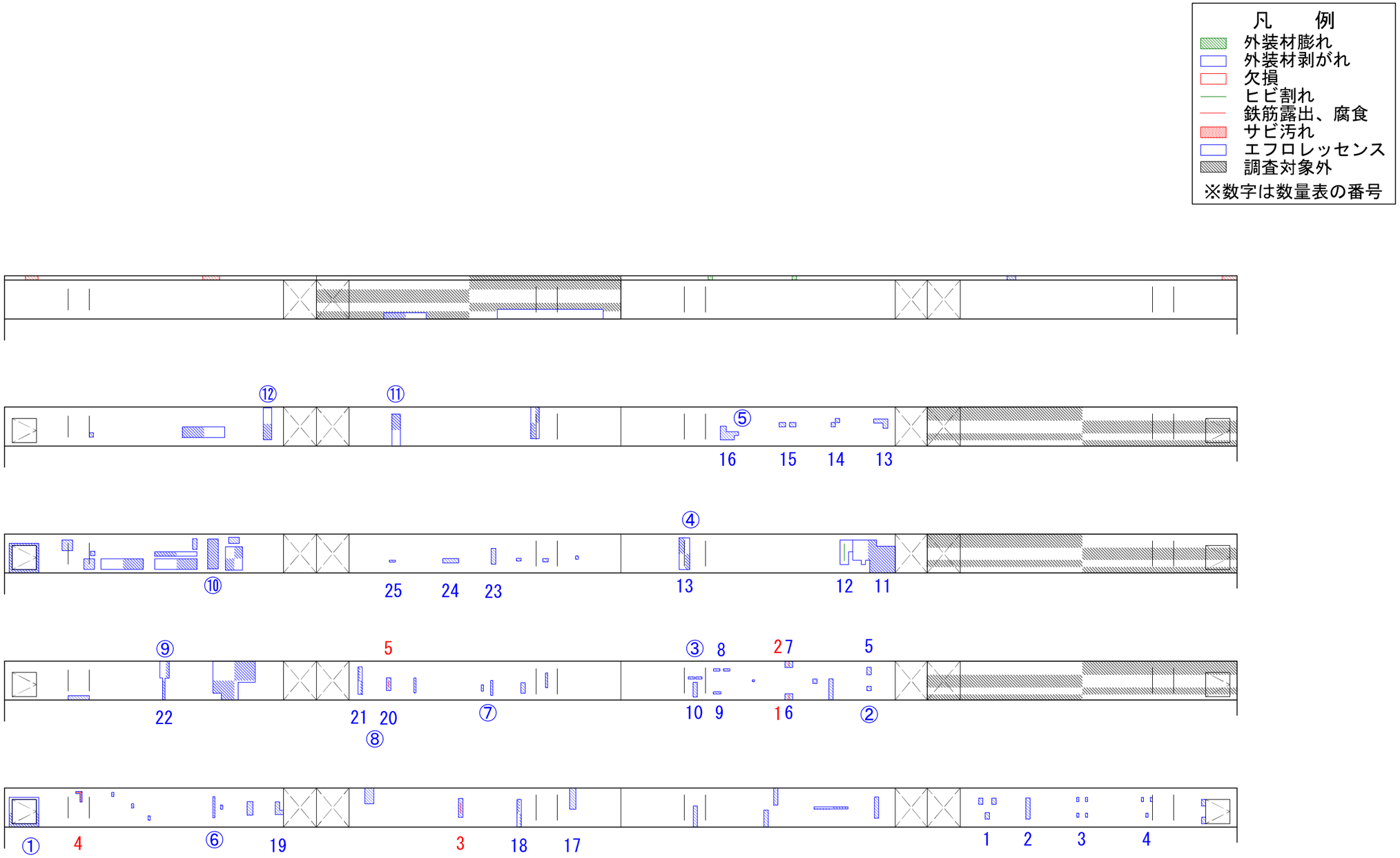


西面劣化状況図　縮尺1/100

図3.2.3　建築物B-外壁調査図面	作成者 笹本真輝　薮田　翼	日付 H30.6.28	北海学園大学工学部建築学科足立研究室

北面劣化状況図　縮尺1/100

建築物Ａ−外壁調査図面	作成者 笹本真輝　薮田　翼	日付 H30.6.28	北海学園大学工学部建築学科足立研究室



バルコニー劣化状況図　縮尺1/100

図3.2.5　建築物B-外壁調査図面	作成者 笹本真輝　薮田　翼	日付 H30.11.15	北海学園大学工学部建築学科足立研究室

(3)　コンクリート躯体調査

a.　中性化試験（コア法）

表 3.2.2 に中性化試験結果を、図 3.2.6 に北西面における外断熱有無による中性化深さの比較を示す。ややデータのばらつきが大きいため、北西面における外断熱有無を比較できる 12 データを用いて T 検定を実施した。外断熱有無による中性化深さ平均値の差がないことを帰無仮説とし、結果として p=0.0006＜0.01 即ち 1%有意で差があることとなった。

外断熱の貼付けはファスナーとダンゴ貼り接着剤の併用である。昨年はダンゴ貼りの場合中性化抑制効果が明確に確認されなかったが、今回は確認される結果となった。ダンゴ貼りの厚さ等が影響している可能性がある。

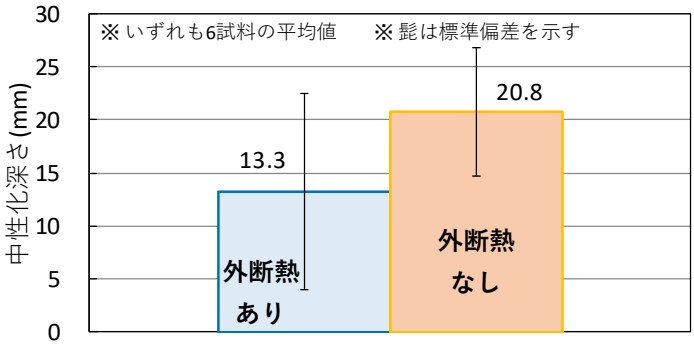


図 3.2.6　北西面における外断熱有無による中性化深さの比較

写真 3.2.11　外断熱背面状況

表 3.2.2　中性化試験結果

記号	採取位置		表面状況		かぶり※1（厚さ）（mm）	中性化深さ※2（mm）									中性化残り※3（mm）
						1	2	3	4	5	6	平均値	最大値	標準偏差	
1-1	北西面	内部	打放し	筒元	35.0	10.0	10.0	16.0	8.0	10.0	24.0	13.0	24.0	6.0	22.0
		外部	打放し+リシン吹付+EPS38mm+オーマル12mm	筒先	50.0	6.0	7.0	14.0	13.0	11.0	12.0	10.5	14.0	3.3	39.5
1-2	北西面	内部	打放し	筒元	34.5	20.0	6.0	13.0	9.0	11.0	12.0	11.8	20.0	4.7	22.7
		外部	打放し+リシン吹付+EPS38mm+オーマル12mm	筒先	45.0	12.0	10.0	14.0	25.0	11.0	18.0	15.0	25.0	5.7	30.0
1-3	北西面	内部	打放し	筒元	61.0	11.0	25.0	11.0	16.0	25.0	12.0	16.7	25.0	6.7	44.3
		外部	打放し+リシン吹付+EPS38mm+オーマル12mm	筒先	18.0	17.0	40.0	44.0	37.0	16.0	19.0	28.8	44.0	12.8	-10.8
1-4	北西面	内部	打放し	筒元	49.0	28.0	20.0	19.0	16.0	22.0	25.0	21.7	28.0	4.3	27.3
		外部	打放し+リシン吹付	筒先	39.0	12.0	3.0	20.0	18.0	16.0	13.0	13.7	20.0	6.0	25.3
1-5	北西面	内部	打放し	筒元	44.0	8.0	3.0	7.0	10.0	15.0	10.0	8.8	15.0	4.0	35.2
		外部	打放し+リシン吹付	筒先	34.0	25.0	25.0	27.0	19.0	23.0	24.0	23.8	27.0	2.7	10.2
1-6	北西面	内部	打放し	筒元	47.5	13.0	6.0	5.0	5.0	11.0	14.0	9.0	14.0	4.1	38.5
		外部	打放し+リシン吹付	筒先	44.0	34.0	23.0	25.0	33.0	32.0	24.0	28.5	34.0	5.0	15.5
1-7	南西面	内部	打放し	筒元	52.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	52.0
		外部	打放し+リシン吹付+EPS38mm+オーマル12mm	筒先	34.5	29.0	21.0	20.0	17.0	17.0	18.0	20.3	29.0	4.5	14.2
1-8	北東面	内部	打放し	筒元	27.0	11.0	11.0	10.0	16.0	8.0	6.0	10.3	16.0	3.4	16.7
		外部	打放し+リシン吹付+EPS38mm+オーマル12mm	筒先	61.0	21.0	17.0	3.0	16.0	18.0	0.0	12.5	21.0	8.7	48.5
5-1	北西面	内部	打放し	筒元	12.0	10.0	6.0	5.0	2.0	10.0	12.0	7.5	12.0	3.8	4.5
		外部	打放し+リシン吹付+EPS38mm+オーマル12mm	筒先	53.5	17.0	13.0	14.0	10.0	11.0	11.0	12.7	17.0	2.6	40.8
5-2	北西面	内部	打放し	筒元	57.0	5.0	4.0	5.0	8.0	5.0	5.0	5.3	8.0	1.4	51.7
		外部	打放し+リシン吹付+EPS38mm+オーマル12mm	筒先	75.0	15.0	11.0	11.0	14.0	12.0	12.0	12.5	15.0	1.6	62.5
5-3	北西面	内部	打放し	筒元	40.5	16.0	15.0	15.0	35.0	22.0	13.0	19.3	35.0	8.3	21.2
		外部	打放し+リシン吹付+EPS38mm+オーマル12mm	筒先	72.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	72.0
5-4	北西面	内部	打放し	筒元	63.0	0.0	10.0	12.0	5.0	8.0	8.0	7.2	12.0	4.2	55.8
		外部	打放し+リシン吹付	筒先	72.0	23.0	18.0	22.0	20.0	19.0	20.0	20.3	23.0	1.9	51.7
5-5	北西面	内部	打放し	筒元	67.0	12.0	12.0	14.0	13.0	10.0	10.0	11.8	14.0	1.6	55.2
		外部	打放し+リシン吹付	筒先	73.0	35.0	20.0	21.0	22.0	25.0	24.0	24.5	35.0	5.5	48.5
5-6	北西面	内部	打放し	筒元	80.0	10.0	12.0	14.0	8.0	10.0	13.0	11.2	14.0	2.2	68.8
		外部	打放し+リシン吹付	筒先	59.0	20.0	11.0	0.0	13.0	20.0	18.0	13.7	20.0	7.7	45.3
5-7	南西面	内部	打放し	筒元	95.0	11.0	11.0	15.0	10.0	8.0	18.0	12.2	18.0	3.7	82.8
		外部	打放し+リシン吹付+EPS38mm+オーマル12mm	筒先	43.0	8.0	0.0	0.0	10.0	7.0	0.0	4.2	10.0	4.7	38.8
5-8	北東面	内部	打放し	筒元	81.0	12.0	17.0	11.0	7.0	10.0	4.0	10.2	17.0	4.4	70.8
		外部	打放し+リシン吹付+EPS38mm+オーマル12mm	筒先	59.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.0	7.0	3.3	13.0	5.5	55.7

※1　かぶり（厚さ）はコンクリート表面から鉄筋表面までの距離のうち、最も小さいものを表している。
※2　中性化深さは、コア採取後、清水で洗浄後にコア側面にて測定している。
※3　中性化残りは（かぶり（厚さ）-中性化深さ）で表される。
※4　網掛け部分は接着剤が付着していた部分の測定値である

b. 圧縮強度試験

表 3.2.3 に圧縮強度試験結果を示す。いずれの測定値も、ほぼ同時期の同発注者の仕様書に記載される設計基準強度 135kg/m² を上回っている。

表 3.2.3　圧縮強度試験結果

試料番号	直径(mm)			高さ(mm)	断面積 (mm^2)	h/d	補正係数	最大荷重(kN)	圧縮強度(N/mm^2)		
	①	②	平均						補正前	補正後	平均値
1-2	83.10	83.10	83.10	159.00	5423.65	1.91	0.99307	139.0	25.6	25.5	25.0
1-5	83.10	83.10	83.10	157.50	5423.65	1.90	0.99162	128.0	23.6	23.4	
1-7	83.10	83.10	83.10	156.10	5423.65	1.88	0.99028	144.0	26.6	26.3	
5-2	83.10	83.10	83.10	154.80	5423.65	1.86	0.98903	148.0	27.3	27.0	26.9
5-4	83.10	83.10	83.10	153.80	5423.65	1.85	0.98806	157.0	28.9	28.6	
5-7	83.10	83.10	83.10	147.20	5423.65	1.77	0.98171	138.0	25.4	25.0	

c. 鉄筋腐食程度確認

図 3.2.7 および**図 3.2.8** に中性化残りと鉄筋腐食グレードの関係を示す。本調査において、中性化残りがマイナスとなっている鉄筋は 2 本のみであり、いずれも試料記号 1-3 のコンクリートコアから採取した外部側の鉄筋(かぶり厚さ 19.0 ㎜、27.0 ㎜)であった。それらはいずれも鉄筋のサンプル全周にわたって膨張錆が発生しており、鉄筋腐食グレード 4 の評価であった。

写真 3.2.12　中性化残りがマイナスの鉄筋腐食状況(いずれも腐食グレード 4)

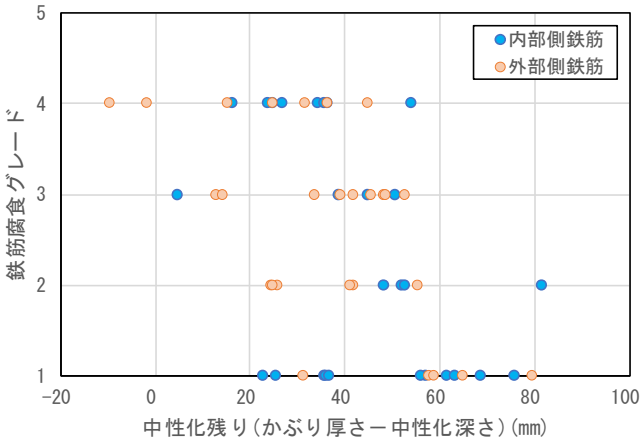


図 3.2.7　中性化残りと鉄筋腐食グレードの関係

また、**図 3.2.8** より中性化領域に入っていない鉄筋においても腐食グレードが 4 または 3 となっている鉄筋が多く確認されたことがわかる。**写真 3.2.13** に示すように腐食の発生パターンを見ると、いずれも局所的に著しい腐食を発生している。発生パターンからその原因としては異種金属の接触、竣工当初からの腐食などが考えられる。

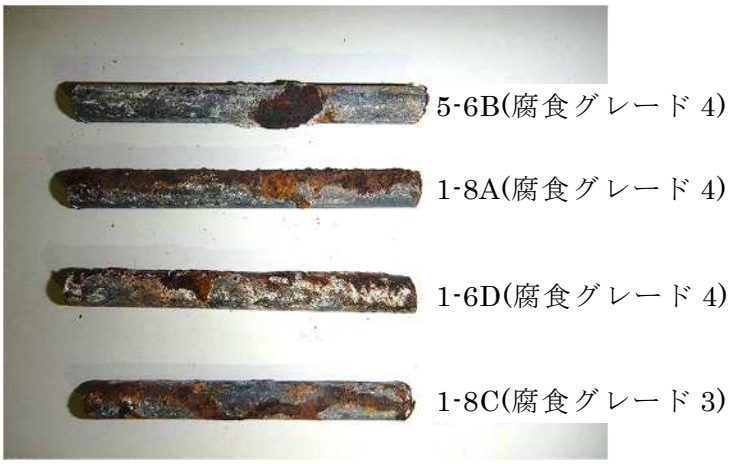


写真 3.2.13　腐食の発生パターン。いずれも局所的である。

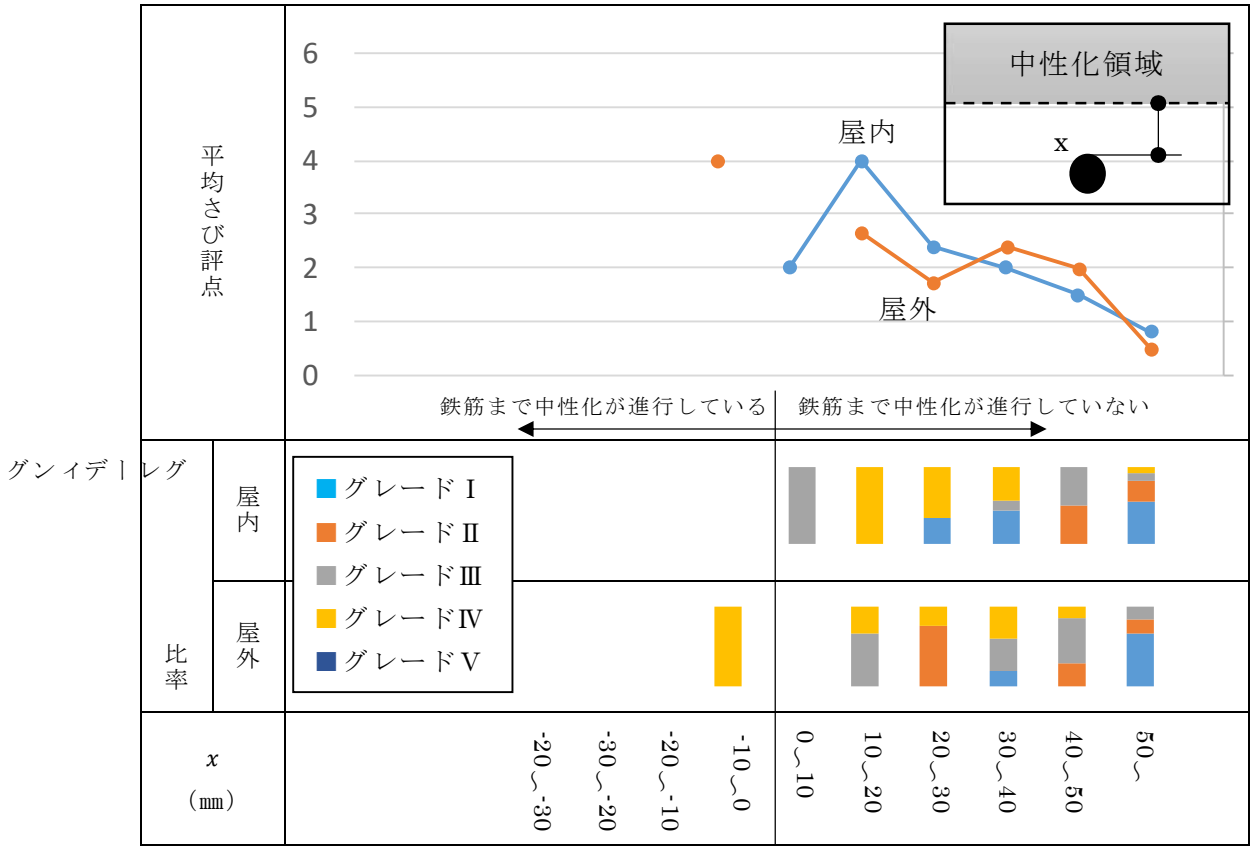


図 3.2.8　鉄筋腐食に及ぼす鉄筋表面から中性化領域までの距離の影響

(4)　外断熱調査

a. 外断熱背面調査

調査の結果、断熱材はファスナー＋ダンゴ貼り接着剤により貼り付けられていることが分かった。今回は基礎部分にて撤去を行ったため、既存外壁に対するダンゴ貼りの接着状況は数か所でしか確認できなかった。基礎コンクリート面には接着剤は十分に接着していることが分かる。

写真 3.2.14　北東面(No.1)撤去部全景

写真 3.2.15　北東面(No.2)撤去部全景

写真 3.2.16　南西面(No.3)撤去部全景

写真 3.2.17　南西面(No.4)撤去部全景

写真 3.2.18　南西部(No.5)撤去部全景

b. ファスナーの引抜強度試験

表 3.2.4 に引抜試験結果を示す。過去の同様の調査におけるファスナー一本当たりの必要強度は 0.24kN であった。これと比較すると十分な強度を有していた。

腐食によってファスナーが破断してしまうケースが確認された。

表 3.2.4　引抜試験結果

記号	調査面	腐食状況	確認強度 (kN)	備考
No.1	北東面	部分的な腐食	10 以上	
No.2		頭部付近からの部分腐食	10 以上	
No.3		頭部付近の部分腐食	8.56	コンクリート破壊
No.5	南西面	全面的な断面欠損を伴う腐食	9.47	ファスナー破断
No.6		全面的な断面欠損を伴う腐食	6.61	ファスナー破断
No.7		全面的な腐食	10 以上	

写真 3.2.19　No.2 腐食状況

写真 3.2.20　No.7 腐食状況

写真 3.2.21　No.5 腐食状況

写真 3.2.22　ファスナー破断状況

c. 断熱材の性能試験

現地にて採取した外断熱材に対し物性評価を実施した。その評価結果を次ページに示す。

2018/10/11

北海学園大学　建築学科　教授　足立様

株式会社 JSP
EPS 生産技術部　応用技術G
tel 059-345-1229　fax 059-345-1249
(担当:浅野)

件名: 外断熱施工経年後の断熱材物性評価結果

拝啓、平素は格別のご高配を賜り、厚く御礼申し上げます。

さて、外断熱パネル(オーマルーYB)の物性評価について以下の通りご報告致しますので、ご査収のほど宜しくお願い致します。

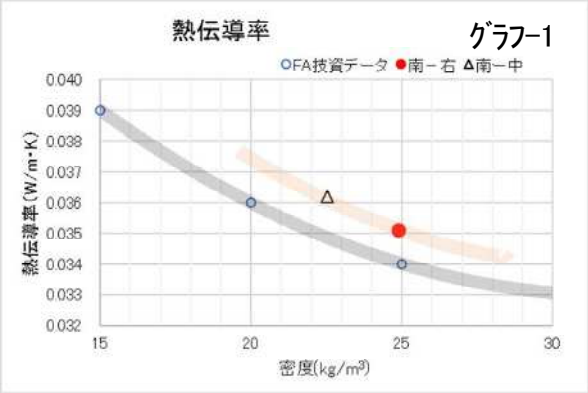
敬具

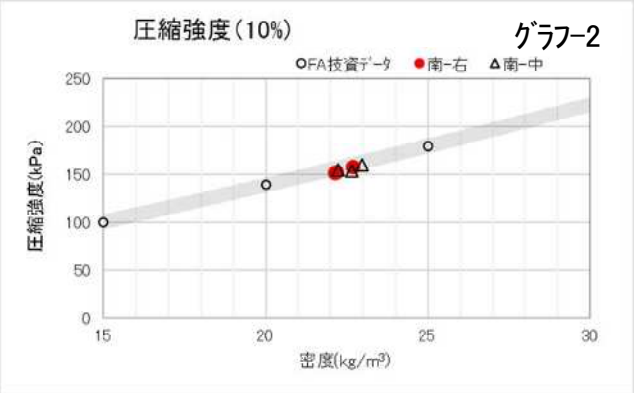
○測定結果

下表ー1及びグラフ1、2の通り、密度においては、22～25kg/m^3 で JISA9521 規格の3号品相当であり、圧縮強度は弊社技術資料とほぼ同等の値であった。
熱伝導率においては、弊社技術資料ﾃﾞｰﾀと比較し、3%(0.001W/m･K)程度悪くなっている。
但し、JISA9521　3号品規格値　0.038W/m･K をクリアしている。

表-1

部位	n 数	圧縮強度(10%)		熱伝導率	
		密度	強度	密度	熱伝導率
		kg/m^3	kPa	kg/m^3	W/m･K
南ー右	1	22.1	152	24.9	0.0351
	2	22.2	153		
	3	22.7	158		
	平均	22.3	154		
南ー中1	1	22.7	154	22.5	0.0362
	2	22.2	155		
	3	23.0	160		
	平均	22.6	156		





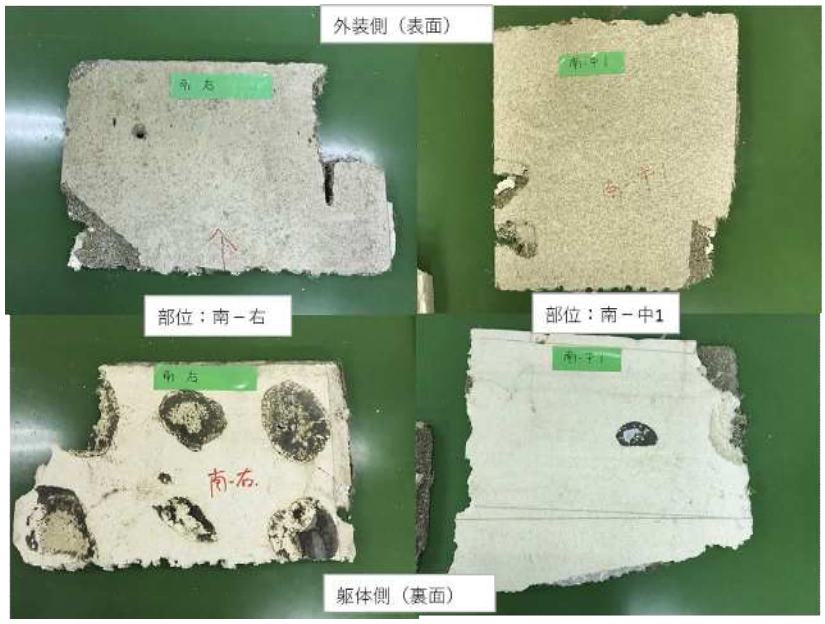
JSP
高機能発泡樹脂で世界をリード

○測定方法

1. 測定方法

・試験片の乾燥と切り出し

試験体パネルを 60℃乾燥機にて3日間養生後、物性用試験片をニクロム線（熱カット）で切り出した。



・試験体の養生　23℃50%RH 恒温室 24 時間

・試験項目

①熱伝導率　JISA1412 に準拠　n=1

試験片寸法　200×200×25mmt

②圧縮試験　JISK7220 に準拠　n=3

試験片寸法　50×50×25mmt

以上

(5) まとめ

北海道石狩振興局管内に所在する昭和49年築(昭和60～63年頃に外断熱改修)の壁式鉄筋コンクリート造共同住宅(地上5階建て×基準階住戸数4戸＝全20戸)において、設計図書の調査、外部目視調査、コンクリート躯体調査、外断熱調査を実施した。その結果を以下にまとめる。

(1) 外断熱仕様は、外断熱パネル(繊維混入セメント板12㎜＋FP板38㎜)の上防水塗装(EPリシン2回塗り)であり、ダンゴ貼り接着剤とファスナーを併用して外壁に留付けられていた。
(2) 外断熱パネル外壁の目視調査の結果、ファスナー頭部の錆、パネル間シーリングの破断等が確認された。特に南西面においてそれらが多く確認された。これは日射の影響によるものと推察される。
(3) その他の外壁面においては、塗装の剥がれ、かぶり厚さの小さい腐食鉄筋の露出が確認された。
(4) 北西面にて採取したコンクリートコアの外壁側の中性化深さ平均値について、外断熱有無の影響を検討した結果、外断熱ありでは13.3㎜、なしでは20.8㎜となった。これらについて外断熱有無による中性化深さ平均値に差がないことを帰無仮説とし、有意水準を1%としてT検定を実施した結果、p値は0.06%となり、1%有意で差があることとなった。
(5) 圧縮強度平均値は、1階25.0N/mm^2、5階26.9N/mm^{2}となり、同時期同発注者の仕様書に記載される設計基準強度135kg/cm^{2}を上回っていた。
(6) コアに含まれる鉄筋の腐食状況、かぶり厚さおよび中性化深さを検討した結果、中性化領域に含まれた鉄筋は2本であり、いずれも腐食グレード4であった。いずれもサンプル全周にわたって膨張錆が発生していた。一方、中性化領域に含まれない鉄筋であっても腐食グレード3または4の鉄筋が多く存在し、それらの腐食は局所的であった。原因としては異種金属の接触、竣工当初からの腐食などが考えられる。
(7) 外断熱の背面調査の結果、ダンゴ貼り接着剤は基礎コンクリート面に十分に接着していることが分かった。ファスナーは南東面において腐食が進行していた。
(8) ファスナーの引抜強度試験の結果、確認強度最小値は6.61kNと必要強度である0.24kNを大きく上回っており、十分な強度を保持していると言える。しかし、腐食によって試験においてファスナーが破断して終了した場合もあったため、今後の腐食進行に注意する必要がある。
(9) 採取した外断熱パネルの物性評価を行った結果、著しい物性の低下は確認されなかった。

3.2.2　建築物 C

(1)　設計図書の調査

本建築物に関連して確認できた設計図書は、平成 5 年に実施された改修工事の設計図書である。この改修工事は、隣接住戸の壁を取り壊して、2 住戸を 1 住戸として間取りを大きくする工事であった。図面から、この改修工事の以前に外断熱改修工事が実施されていることが分かった。実施年の詳細は不明であるが、委員会内における議論において昭和 55 年頃であると推察されたことから、ここでは昭和 55 年を外断熱改修年と仮定して評価を行うこととした。

その他に、間取り、仕上げ仕様などを確認できた。確認した内容を**表 3.2.5** にまとめる。

また、コンクリートの設計基準強度については、建築物と同様に 135kg/cm^2 を参考にして評価することとする。

表 3.2.5　設計図書調査結果

項目		設計図書の記述
外部	外壁(外断熱なし)仕上げ	改修前：モルタル刷毛引き AE 系リシン吹付け 改修後：下地清掃の上、合成樹脂エマルジョン系吹付タイル E
	外断熱仕様	YBEX 工法 改修前：断熱ボード＋モルタル、AE リシン吹付け 改修後：既存仕上材補修、YBEX 工法透湿弾性吹付タイル
	屋根	片面から―長尺鉄板(厚さ 0.35 ㎜)蟻掛葺き、下地アスファルトルーフィング 22ｋ、野地板(改修前後で変化なし)
	バルコニー床	改修前：防水モルタル塗り 改修後：防水モルタル塗り(厚さ 15 ㎜)
	バルコニー笠木	改修前：防水モルタル 改修後：アルミ笠木(厚さ 2.3 ㎜)
	バルコニー天井	外壁と同じ

(2)　外部目視調査

調査結果を図 3.2.9～図 3.2.12 にまとめる。

a.　一般外壁、バルコニー先端

外断熱が施されていない一般外壁は、北面の階段室の外壁と、南面の外壁およびバルコニーの外部である。

北面の階段室の外壁においては、その発生パターンからコンクリートの打ち重ね面に沿ったひび割れ、開口廻りの乾燥収縮ひび割れ、開口の詰めモルタルに沿ったひび割れなどが確認された。仕上げ塗装はやや変退色が進行している状況である。

写真 3.2.23　北面階段室外壁の状況

写真 3.2.24　打ち重ね面に沿ったひび割れ

南面の外壁においては、開口廻りからわずかにひび割れが確認される程度であり、仕上げ塗装の剥がれなどはほとんど確認されなかった。

バルコニーの天井面においては、仕上げ塗装の剥がれが部分的に確認された。また、バルコニーの先端に沿ってひび割れが発生しており、剥落の危険性が示唆された。

特に 103 号室のバルコニー先端部分においては今にも剥落する状態であった。

写真 3.2.25　バルコニー天井面の塗装剥がれとひび割れの発生(左 101 号室、右 201 号室)

写真 3.2.26 103 号室ﾊﾞﾙｺﾆｰ先端部分のひび割れ

写真 3.2.27　同接写

b.　外断熱部分

全体的に断熱材接合部に沿った仕上げ材のひび割れ、シーリング目地に沿った仕上げ材の切れ、開口廻りからの仕上げ材のひび割れが目立つ状況であり、幅は1.0㎜を超えるものも多く、仕上げ材背面に雨水等が浸入している形跡も確認された。

写真 3.2.28　断熱材接合部に沿ったひび割れ(東面)

写真 3.2.29　同(南面)

写真 3.2.30　開口廻りのひび割れ(北面)

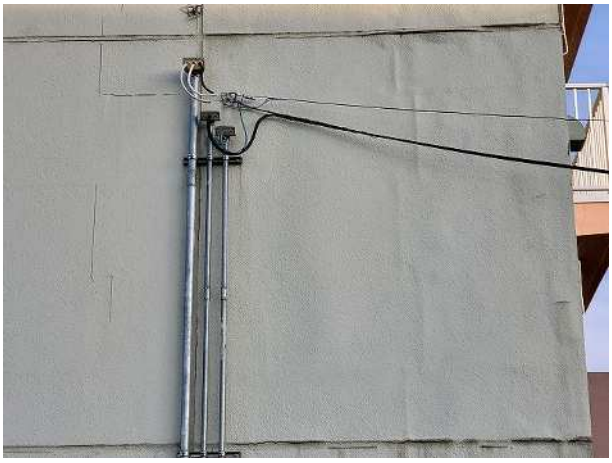
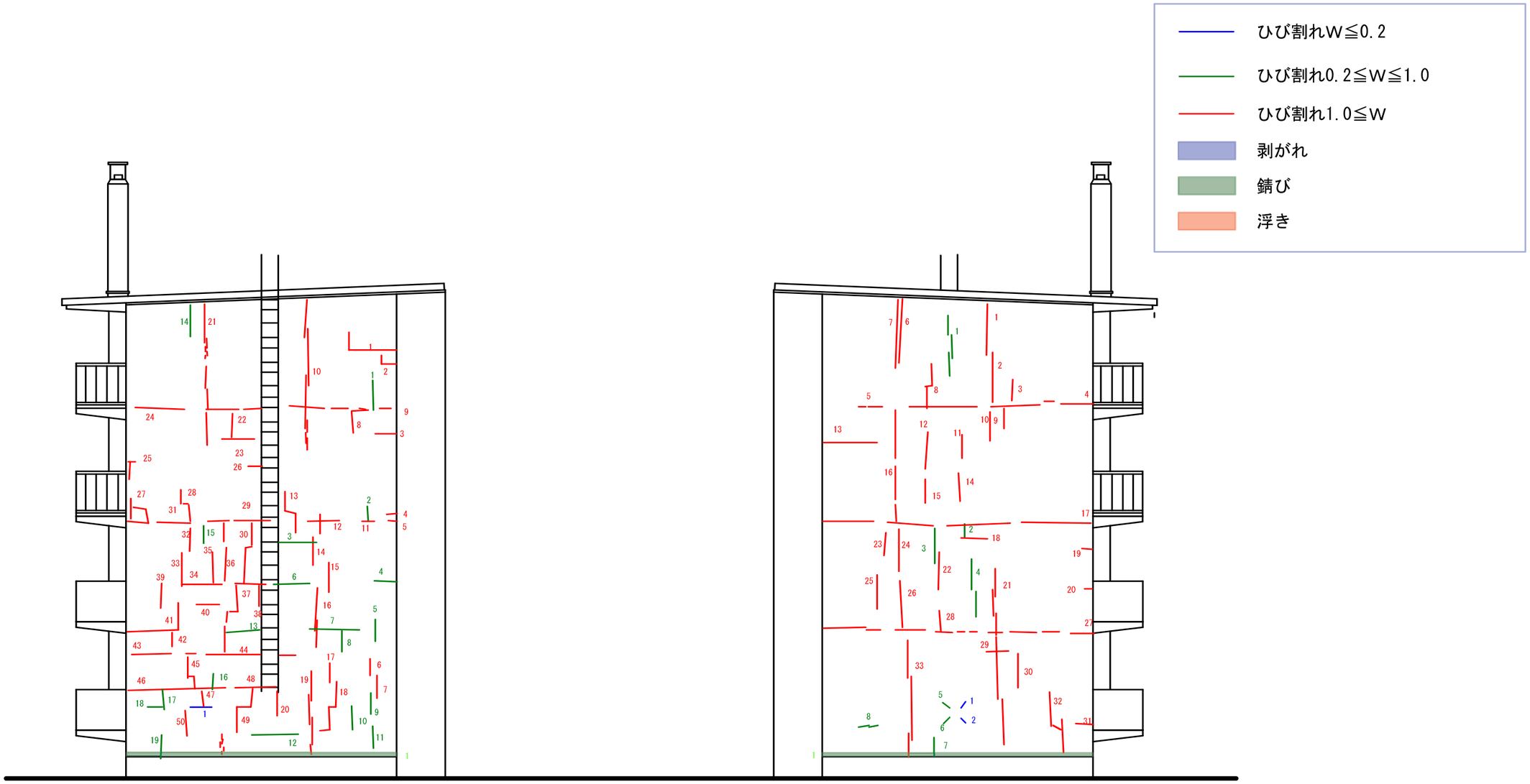


写真 3.2.31　シーリング目地に沿ったひび割れ
背面に雨水が浸入していると推察される。



東面劣化状況図

西面劣化状況図

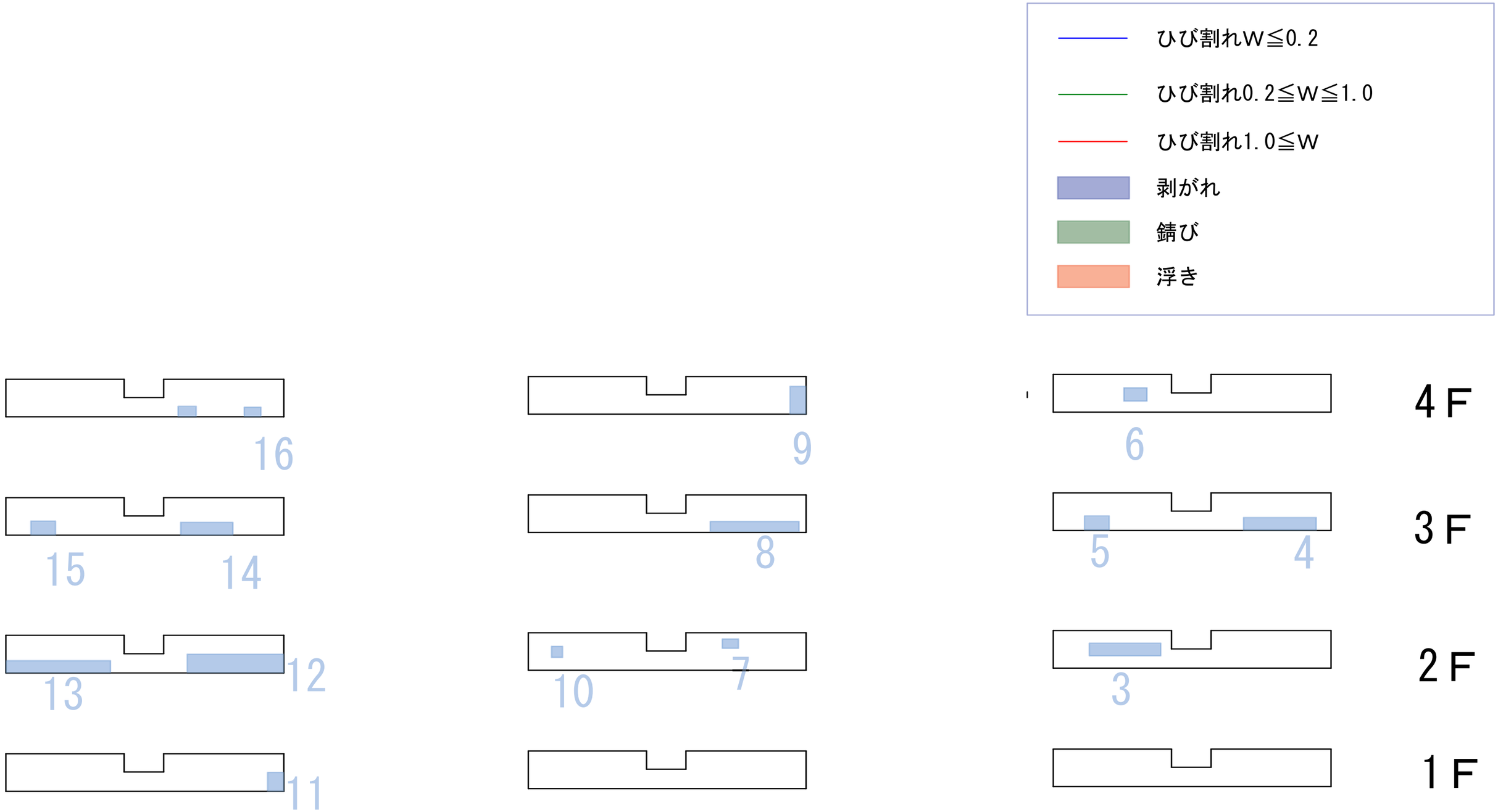
PROJECT 外断熱建物の温度性能および耐久性能調査委員会　建築物C　目視調査結果	TITLE 図3.2.9 東面および西面劣化状況図	SCALE 1：75	DATE 2020/3/20	No 1

南面劣化状況図

PROJECT 外断熱建物の温度性能および耐久性能調査委員会　建築物C　目視調査結果	TITLE 図3.2.10 南面劣化状況図	SCALE 1：75	DATE 2020/3/20	No 1

北面劣化状況図

PROJECT 外断熱建物の温度性能および耐久性能調査委員会　建築物C　目視調査結果	TITLE 図3.2.11 北面劣化状況図	SCALE 1：75	DATE 2020/3/20	No 1



南面バルコニー天井面劣化状況図

PROJECT 外断熱建物の温度性能および耐久性能調査委員会　建築物C　目視調査結果	TITLE 図3.2.12 バルコニー天井面劣化状況図	SCALE 1：75	DATE 2020/3/20	No 1

(3) コンクリート躯体調査

a. コンクリートコア採取

表 3.2.6 に採取コンクリートコアの状況を示す。

壁厚は 1 階が 160 ㎜～185 ㎜、4 階が 133 ㎜～188 ㎜となっていた。

表 3.2.6　採取コンクリートコアの状況

建築物名称	階	面	外断熱有無	記号	採取位置		仕上げおよび断熱材	分類	壁厚(mm)	備考
建築物C	1	北	有	20-1F-N-I-1	和室壁	内側	打放し	打放し	185	
						外側	モルタル(30mm)+旧塗装	モルタル＋旧塗装		
				20-1F-N-I-2	和室壁	内側	打放し	打放し	178	
						外側	モルタル(35mm)+旧塗装	モルタル＋旧塗装		
				20-1F-N-I-3	和室壁	内側	打放し	打放し	178	ひび割れあり。その周辺は除外して評価
						外側	モルタル(22mm)+旧塗装	モルタル＋旧塗装		
			無	20-1F-N-N-1	階段室壁	内側	モルタル(18mm)+EP	モルタル＋EP	180	
						外側	モルタル(27mm)+吹付タイル	モルタル+吹付タイル		
				20-1F-N-N-2	階段室壁	内側	モルタル(30mm)+EP	モルタル＋EP	165	
						外側	モルタル(30mm)+吹付タイル	モルタル+吹付タイル		
				20-1F-N-N-3	階段室壁	内側	モルタル(25mm)+EP	モルタル＋EP	185	
						外側	モルタル(25mm)+吹付タイル	モルタル+吹付タイル		
		南	有	20-1F-S-I-1	和室壁	内側	木毛板(推定10mm)+ウレタン吹付	木毛板+ウレタン吹付	165	木毛板背面ジャンカ
						外側	モルタル(30mm)+旧塗装	モルタル＋旧塗装		
				20-1F-S-I-2	和室壁	内側	木毛板(10mm)+ウレタン吹付	木毛板+ウレタン吹付	174	木片混入
						外側	モルタル(35mm)+旧塗装	モルタル＋旧塗装		
				20-1F-S-I-3	和室壁	内側	木毛板(10mm)+ウレタン吹付	木毛板+ウレタン吹付	150	木毛板背面ジャンカ
						外側	モルタル(30mm)+旧塗装	モルタル＋旧塗装		
			無	20-1F-S-N-1	居間壁	内側	木毛板(10mm)+モルタル(14mm)+EP+ウレタン吹付(20mm)	木毛板＋モルタル	160	
						外側	モルタル(30mm)+吹付タイル	モルタル+吹付タイル		
				20-1F-S-N-2	居間壁	内側	ウレタン吹付(30mm)	ウレタン吹付	185	
						外側	モルタル(30mm)+吹付タイル	モルタル+吹付タイル		
				20-1F-S-N-3	居間壁	内側	木毛板(10mm)+モルタル(20mm)+EP+ウレタン吹付(推定)	木毛板＋モルタル	170	
						外側	モルタル(40mm)+吹付タイル	モルタル+吹付タイル		
	4	北	有	20-4F-N-I-1	和室壁	内側	打放し	打放し	152	
						外側	モルタル(28mm)+旧塗装	モルタル＋旧塗装		
				20-4F-N-I-2	和室壁	内側	打放し	打放し	133	
						外側	モルタル(25mm)+旧塗装	モルタル＋旧塗装		
				20-4F-N-I-3	和室壁	内側	打放し	打放し	142	
						外側	モルタル(33mm)+旧塗装	モルタル＋旧塗装		
			無	20-4F-N-N-1	階段室壁	内側	モルタル(17mm)+リシン吹付	モルタル+リシン吹付	183	
						外側	モルタル(30mm)+吹付タイル	モルタル+吹付タイル		
				20-4F-N-N-2	階段室壁	内側	モルタル(25mm)+リシン吹付	モルタル+リシン吹付	180	
						外側	モルタル(17mm)+吹付タイル	モルタル+吹付タイル		
				20-4F-N-N-3	階段室壁	内側	モルタル(10mm)+リシン吹付	モルタル+リシン吹付	188	
						外側	モルタル(30mm)+吹付タイル	モルタル+吹付タイル		
		南	有	20-4F-S-I-1	和室壁	内側	木毛板(推定10mm)+ウレタン吹付	木毛板+ウレタン吹付	145	
						外側	モルタル(30mm)+旧塗装	モルタル＋旧塗装		
				20-4F-S-I-2	和室壁	内側	木毛板(10mm)+ウレタン吹付	木毛板+ウレタン吹付	145	
						外側	モルタル(30mm)+旧塗装	モルタル＋旧塗装		
				20-4F-S-I-3	和室壁	内側	木毛板(推定10mm)+ウレタン吹付(推定)	木毛板+ウレタン吹付	131	
						外側	モルタル(37mm)+旧塗装+ダンゴ(7mm)	モルタル＋旧塗装		
			無	20-4F-S-N-1	居間壁	内側	木毛板(10mm)+モルタル(6mm)+ウレタン吹付(推定)	木毛板＋モルタル	143	
						外側	モルタル(37mm)+吹付タイル	モルタル+吹付タイル		
				20-4F-S-N-2	居間壁	内側	ウレタン吹付(推定)	ウレタン吹付	150	
						外側	モルタル(30mm)+吹付タイル	モルタル+吹付タイル		
				20-4F-S-N-3	居間壁	内側	木毛板(10mm)+モルタル(22mm)+EP+ウレタン吹付(推定)	木毛板＋モルタル	155	
						外側	モルタル(30mm)+吹付タイル	モルタル+吹付タイル		

b. 中性化試験（コア法）

表 3.2.7 に中性化試験結果を、**図 3.2.13** にコンクリートの中性化に及ぼす外断熱有無の影響を、**図 3.2.14** にモルタルの中性化に及ぼす外断熱有無の影響を示す。

南面ではモルタル、コンクリート部の両方で外断熱ありの方が、中性化が進んでいるという結果になった。この原因として、外断熱なしのコアを改修時に打設した躯体から採取した可能性が考えられたため、これについては再度現地にて確認する必要がある。

一方、北面ではモルタル、コンクリート部の両方で外断熱ありの方が無しの部分よりも中性化が進んでおらず、外断熱の中性化抑制効果が確認できる結果となった。しかし、それぞれの平均値が同じであることを帰無仮説とし、対立仮説を平均値が異なることとして有意水準を 1%に設定して T 検定を実施した結果、p 値は 10.8%となり、統計的に今回のデータの有意性を説明することができなかった。

過去の調査においては、外断熱パネルの貼付け方法によりその背面躯体の中性化抑制効果は異なっており、貼付け方法が全面接着の場合には中性化の抑制効果が確認されたが、ダンゴ貼りでは明確な抑制効果は確認されないことがわかっている。

本調査においてもダンゴ貼りにおいて明確な中性化抑制効果は確認できなかった。

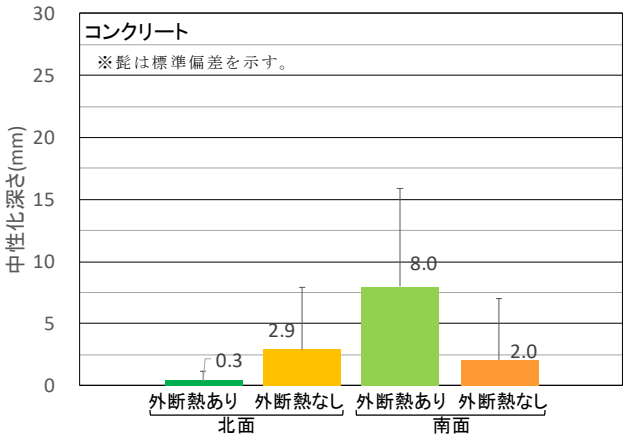


図 3.2.13　中性化に及ぼす外断熱有無の影響（コンクリート）

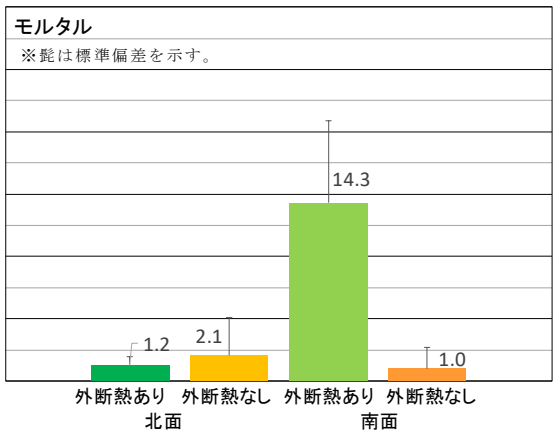


図 3.2.14　中性化に及ぼす外断熱有無の影響（モルタル）

写真 3.2.32　南面外断熱施工部の状況

表 3.2.7　中性化試験結果

建築物名称	階	面	外断熱有無	記号	仕上げおよび断熱材		分類	材質	中性化深さ(mm) 測定値						平均値	最大値
建築物C	1	北	有	20-1F-N-I-1	内側	打放し	打放し	コンクリート	47.0	0.0	14.0	0.0	25.0	0.0	14.3	47.0
					外側	モルタル(30mm)+旧塗装	モルタル＋旧塗装	モルタル	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	2.0
								コンクリート	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
				20-1F-N-I-2	内側	打放し	打放し	コンクリート	82.0	62.0	62.5	52.5	58.0	66.0	63.8	82.0
					外側	モルタル(35mm)+旧塗装	モルタル＋旧塗装	モルタル	4.0	1.0	2.0	2.0	2.5	2.0	2.3	4.0
								コンクリート	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
				20-1F-N-I-3	内側	打放し	打放し	コンクリート	45.0	43.0	44.0	40.0	41.0	35.0	41.3	45.0
					外側	モルタル(22mm)+旧塗装	モルタル＋旧塗装	モルタル	7.0	0.0	0.0	2.0	2.0	0.0	1.8	7.0
								コンクリート	5.5	4.0	3.0	0.0	0.0	0.0	2.1	5.5
			無	20-1F-N-N-1	内側	モルタル(18mm)+EP	モルタル＋EP	モルタル	18.0	11.0	9.0	2.0	2.0	12.0	9.0	18.0
								コンクリート	9.0	1.5	3.0	0.0	0.0	0.0	2.3	9.0
					外側	モルタル(27mm)+吹付タイル	モルタル+吹付タイル	モルタル	11.5	5.0	0.0	0.0	0.0	9.0	4.3	11.5
								コンクリート	49.0	0.0	0.0	0.0	12.5	12.0	12.3	49.0
				20-1F-N-N-2	内側	モルタル(30mm)+EP	モルタル＋EP	モルタル	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	4.0
								コンクリート	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
					外側	モルタル(30mm)+吹付タイル	モルタル+吹付タイル	モルタル	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
								コンクリート	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
				20-1F-N-N-3	内側	モルタル(25mm)+EP	モルタル＋EP	モルタル	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
								コンクリート	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
					外側	モルタル(25mm)+吹付タイル	モルタル+吹付タイル	モルタル	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
								コンクリート	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		南	有	20-1F-S-I-1	内側	木毛板(推定10mm)+ウレタン吹付	木毛板+ウレタン吹付	コンクリート	109.0	79.0	97.0	91.0	84.0	106.0	94.3	109.0
					外側	モルタル(30mm)+旧塗装	モルタル＋旧塗装	モルタル	17.0	9.0	13.0	12.0	12.0	12.0	12.5	17.0
								コンクリート	25.0	0.0	11.0	7.0	0.0	0.0	7.2	25.0
				20-1F-S-I-2	内側	木毛板(10mm)+ウレタン吹付	木毛板+ウレタン吹付	コンクリート	102.0	79.0	57.0	53.0	43.0	80.5	69.1	102.0
					外側	モルタル(35mm)+旧塗装	モルタル＋旧塗装	モルタル	31.0	31.0	15.5	11.0	12.0	21.0	20.3	31.0
								コンクリート	12.0	0.0	0.0	3.0	5.0	3.0	3.8	12.0
				20-1F-S-I-3	内側	木毛板(10mm)+ウレタン吹付	木毛板+ウレタン吹付	コンクリート	105.0	100.0	102.0	105.0	98.0	101.0	101.8	105.0
					外側	モルタル(30mm)+旧塗装	モルタル＋旧塗装	モルタル	30.0	25.0	24.0	18.0	19.0	23.0	23.2	30.0
								コンクリート	30.0	19.0	12.0	20.0	22.0	31.0	22.3	31.0
			無	20-1F-S-N-1	内側	木毛板(10mm)+モルタル(14mm)+EP+ウレタン吹付(20mm)	木毛板＋モルタル	モルタル	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0
								コンクリート	44.0	39.0	27.0	22.0	9.5	38.0	29.9	44.0
					外側	モルタル(30mm)+吹付タイル	モルタル+吹付タイル	モルタル	28.0	9.0	12.0	3.5	17.0	11.0	13.4	28.0
								コンクリート	34.0	19.0	0.0	9.0	11.0	14.0	14.5	34.0
				20-1F-S-N-2	内側	ウレタン吹付(30mm)	ウレタン吹付	コンクリート	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
					外側	モルタル(30mm)+吹付タイル	モルタル+吹付タイル	モルタル	3.5	2.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.1	3.5
								コンクリート	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
				20-1F-S-N-3	内側	木毛板(10mm)+モルタル(20mm)+EP+ウレタン吹付(推定)	木毛板＋モルタル	モルタル	20.0	0.0	0.0	0.0	10.0	5.0	5.8	20.0
								コンクリート	18.0	0.0	8.0	0.0	0.0	0.0	4.3	18.0
					外側	モルタル(40mm)+吹付タイル	モルタル+吹付タイル	モルタル	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	3.0
								コンクリート	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	4	北	有	20-4F-N-I-1	内側	打放し	打放し	コンクリート	19.5	11.5	13.0	0.0	5.0	7.0	9.3	19.5
					外側	モルタル(28mm)+旧塗装	モルタル＋旧塗装	モルタル	1.1	0.0	1.0	0.0	0.0	3.5	0.9	3.5
								コンクリート	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
				20-4F-N-I-2	内側	打放し	打放し	コンクリート	17.0	0.0	8.0	0.0	0.0	4.5	4.9	17.0
					外側	モルタル(25mm)+旧塗装	モルタル＋旧塗装	モルタル	4.0	0.0	1.0	1.5	0.0	1.0	1.3	4.0
								コンクリート	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
				20-4F-N-I-3	内側	打放し	打放し	コンクリート	16.0	5.0	4.0	8.0	7.0	6.0	7.7	16.0
					外側	モルタル(33mm)+旧塗装	モルタル＋旧塗装	モルタル	3.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	3.0
								コンクリート	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
			無	20-4F-N-N-1	内側	モルタル(17mm)+リシン吹付	モルタル＋リシン吹付	モルタル	16.5	2.5	2.0	4.5	2.5	1.5	4.9	16.5
								コンクリート	22.0	3.5	0.0	0.0	0.0	3.0	4.8	22.0
					外側	モルタル(30mm)+吹付タイル	モルタル+吹付タイル	モルタル	16.0	9.0	12.0	3.0	2.0	2.0	7.3	16.0
								コンクリート	26.0	1.5	0.0	1.5	0.0	2.5	5.3	26.0
				20-4F-N-N-2	内側	モルタル(25mm)+リシン吹付	モルタル＋リシン吹付	コンクリート	6.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	6.0
					外側	モルタル(17mm)+吹付タイル	モルタル+吹付タイル	モルタル	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
								コンクリート	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
				20-4F-N-N-3	内側	モルタル(10mm)+リシン吹付	モルタル＋リシン吹付	モルタル	8.0	3.0	2.5	0.0	5.0	3.0	3.6	8.0
								コンクリート	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
					外側	モルタル(30mm)+吹付タイル	モルタル+吹付タイル	モルタル	3.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	3.0
								コンクリート	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		南	有	20-4F-S-I-1	内側	木毛板(推定10mm)+ウレタン吹付	木毛板+ウレタン吹付	コンクリート	46.0	36.0	21.0	24.0	34.0	37.0	33.0	46.0
					外側	モルタル(30mm)+旧塗装	モルタル＋旧塗装	モルタル	30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	5.3	30.0
								コンクリート	13.0	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	13.0
				20-4F-S-I-2	内側	木毛板(10mm)+ウレタン吹付	木毛板+ウレタン吹付	コンクリート	31.0	28.0	30.0	25.0	18.0	3.0	22.5	31.0
					外側	モルタル(30mm)+旧塗装	モルタル＋旧塗装	モルタル	28.0	6.0	4.5	5.0	5.0	11.0	9.9	28.0
								コンクリート	59.0	0.0	0.0	3.5	0.0	2.5	10.8	59.0
				20-4F-S-I-3	内側	木毛板(推定10mm)+ウレタン吹付(推定)	木毛板+ウレタン吹付	コンクリート	15.0	12.0	0.0	3.0	2.0	8.0	6.7	15.0
					外側	モルタル(37mm)+旧塗装+ダンゴ(7mm)	モルタル＋旧塗装	モルタル	16.0	16.0	16.0	15.0	14.0	11.0	14.7	16.0
								コンクリート	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
			無	20-4F-S-N-1	内側	木毛板(10mm)+モルタル(6mm)+ウレタン吹付(推定)	木毛板＋モルタル	モルタル	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
								コンクリート	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	10.0
					外側	モルタル(37mm)+吹付タイル	モルタル+吹付タイル	モルタル	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
								コンクリート	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
				20-4F-S-N-2	内側	ウレタン吹付(推定)	ウレタン吹付	コンクリート	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
					外側	モルタル(30mm)+吹付タイル	モルタル+吹付タイル	モルタル	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
								コンクリート	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
				20-4F-S-N-3	内側	木毛板(10mm)+モルタル(22mm)+EP+ウレタン吹付(推定)	木毛板＋モルタル	モルタル	22.0	0.0	0.0	22.0	22.0	0.0	11.0	22.0
								コンクリート	26.0	12.0	3.0	0.0	20.0	12.0	12.2	26.0
					外側	モルタル(30mm)+吹付タイル	モルタル+吹付タイル	モルタル	3.0	0.0	1.0	2.0	2.0	2.0	1.7	3.0
								コンクリート	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

c. 圧縮強度試験

表 3.2.8 に圧縮強度試験の結果を示す。

圧縮強度は 12.0～27.7N/mm² に分布しており、平均値は 1 階で 19.4N/mm²、4 階で 22.8N/mm² となった。

建築物 B にて示した設計基準強度 135 kg/cm ² と比較すると 1 試料でそれをやや下回っているが、平均値では上回ることを確認した。

表 3.2.8　圧縮強度試験結果

試料番号	直径(mm)			高さ	断面積	h/d	補正	最大荷重	圧縮強度(N/mm²)		
	1	2	平均	(mm)	(mm²)		係数	(kN)	補正前	補正後	平均値
20-1F-N-I-1	83.8	83.9	83.9	160.3	5522	1.91	0.993	67.0	12.1	12.0	19.4
20-1F-N-N-3	83.9	83.9	83.9	127.9	5529	1.52	0.962	159.0	28.8	27.7	
20-1F-S-N-3	83.8	84.0	83.9	142.0	5529	1.69	0.975	104.0	18.8	18.3	
20-4F-N-N-2	84.0	84.0	84.0	155.0	5542	1.85	0.988	142.0	25.6	25.3	22.8
20-4F-S-N-2	84.0	84.0	84.0	143.9	5542	1.71	0.977	106.0	19.1	18.7	
20-4F-S-I-2	83.8	83.8	83.8	138.3	5515	1.65	0.972	139.0	25.2	24.5	

d. 鉄筋腐食程度確認

表 3.2.9 にかぶり厚さおよび鉄筋腐食程度の確認結果を示す。

表 3.2.9　鉄筋腐食程度確認結果

コア記号	鉄筋記号	かぶり厚さ(mm) 内側	かぶり厚さ(mm) 外側	腐食ｸﾞﾚｰﾄﾞ
20-1F -N-I-1	A-1	44.0	128.0	1
	A-2	47.0	124.0	
20-1F -N-I-2	A-1	35.0	133.0	2
	A-2	35.0	132.0	
	B-1	43.0	125.0	3
	B-2	49.0	120.0	
20-1F -N-I-3	A-1	49.0	118.0	2
	A-2	44.0	121.0	
	B-1	38.0	128.0	3
	B-2	35.0	130.0	
20-1F -N-N-1	A-1	43.0	127.0	2
	A-2	42.0	125.0	
	B-1	32.0	136.0	2
	B-2	33.0	136.0	
20-1F -N-N-2	A-1	24.0	132.0	2
	A-2	21.0	129.0	
	B-1	19.0	131.0	2
	C-1	131.0	17.0	
20-1F -N-N-3	A-1	29.0	146.0	1
	A-2	30.0	145.0	
	B-1	5.0	169.0	2
	B-2	4.0	171.0	
20-1F -S-I-1	A-1	131.0	27.0	2
	A-2	134.0	29.0	
	B-1	20.0	140.0	4
	B-2	24.0	136.0	
20-1F -S-I-2	A-1	91.0	28.0	1
	A-2	98.0	30.0	
	B-1	113.0	19.5	3
	B-2	109.0	21.0	
20-1F -S-I-3	A-1	10.0	156.0	5
	A-2	8.0	154.0	
	B-1	18.0	148.0	5
	B-2	21.0	143.0	
	C-1	115.5	34.0	3
	C-2	118.0	35.0	
20-1F -S-N-1	A-1	35.0	117.0	2
	A-2	34.0	115.0	
	B-1	44.0	105.5	2
	B-2	45.0	107.0	
20-1F -S-N-2	A-1	80.0	91.0	2
	A-2	80.5	92.5	
20-1F -S-N-3	A-1	124.0	31.0	1
	A-2	126.5	32.0	
	B-1	134.0	22.0	3
	B-2	137.0	22.0	

コア記号	鉄筋記号	かぶり厚さ(mm) 内側	かぶり厚さ(mm) 外側	腐食ｸﾞﾚｰﾄﾞ
20-4F -N-I-1	A-1	69.5	72.5	1
	A-2	69.0	72.0	
20-4F -N-I-2	A-1	57.0	67.0	2
	A-2	57.5	69.0	
	B-1	66.0	59.0	1
	B-2	66.0	58.0	
20-4F -N-I-3	A-1	41.0	93.0	1
	A-2	38.5	96.0	
	B-1	49.0	83.0	1
	B-2	49.0	85.0	
20-4F -N-N-1	A-1	21.5	148.0	1
	A-2	22.0	147.0	
	B-1	34.0	137.0	2
	B-2	34.0	133.0	
	C-1	122.0	48.0	2
	C-2	121.0	47.5	
	D-1	136.0	35.0	3
	D-2	134.0	34.0	
20-4F -N-N-2	A-1	26.0	142.0	2
	A-2	28.0	141.0	
	B-1	39.0	129.0	2
	B-2	41.0	128.0	
	C-1	114.0	54.0	3
	C-2	112.0	57.0	
	D-1	128.0	40.5	2
	D-2	125.0	44.0	
20-4F -N-N-3	A-1	28.5	147.0	2
	A-2	27.0	146.0	
	B-1	143.0	32.0	2
	B-2	141.0	31.0	
	C-1	9.0	165.0	3
	D-1	156.0	23.0	
20-4F -S-I-1	A-1	59.0	71.0	2
	A-2	58.0	73.0	
20-4F -S-I-2	A-1	61.0	71.0	2
	A-2	63.0	71.0	
20-4F -S-I-3	A-1	64.0	59.5	1
	A-2	64.5	56.0	
20-4F -S-N-1	A-1	85.0	48.0	1
	A-2	84.0	49.0	
	B-1	94.0	38.0	3
	B-2	91.5	48.0	
20-4F -S-N-2	A-1	76.0	60.5	1
	A-2	74.0	64.0	
	B-1	63.5	73.0	1
	B-2	61.0	75.0	
	C-1	63.0	74.5	1
	C-2	63.0	75.0	
20-4F -S-N-3	A-1	108.0	38.0	3
	A-2	63.0	75.0	

図 3.2.15、図 3.2.16 にコアから抜き出した鉄筋のかぶり厚さと鉄筋腐食グレードの関係を示す。

内側では、腐食グレード 5 と 4 の鉄筋が確認されたが、これはジャンカがあったため中性化が進み鉄筋が腐食したからであると推察される。それらを除けば、いずれもグレード 3 以下であった。

外側ではグレード 4 以上の鉄筋は確認されなかった。

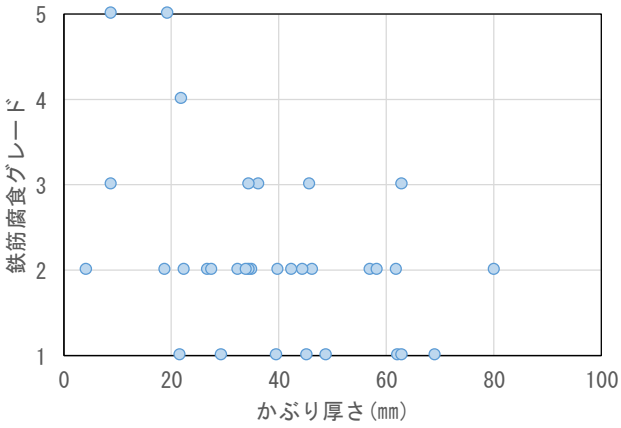


図 3.2.15　内側鉄筋のかぶり厚さと鉄筋腐食グレードの関係

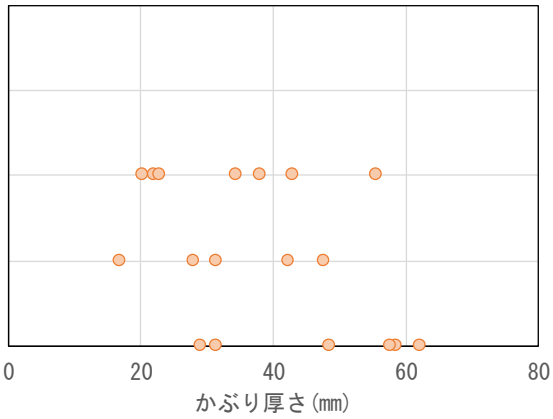


図 3.2.16　外側鉄筋のかぶり厚さと鉄筋腐食グレードの関係

写真 3.2.33　腐食グレード 5 の鉄筋腐食状況
（上：20-1F-S-I-3 の A の鉄筋、下：20-1F-S-I-3 の B の鉄筋）

図 3.2.17 に鉄筋腐食に及ぼす鉄筋表面から中性化領域までの距離の関係を示す。なお、平均さび評点とは**表 3.2** に従って鉄筋腐食グレード毎に算出される評点の平均値である。

屋内では、x が-20～-30mm において平均さび評点が 5 を超えているが、それ以外では平均さび評点が 3 以下となった。なお－30 ㎜以下の部分でさび評点が 5 以上の値を示したのはかぶり厚さが 10mm 程度と小さく、かつジャンカが存在していたためだと推察される。

屋外では、いずれも平均さび評点が 3 以下となった。

「日本建築学会：鉄筋コンクリート造建築物の耐久性調査・診断および補修指針(案)」では屋外では鉄筋位置まで中性化が進行した時点で、また屋内では鉄筋のかぶり厚さより 20mm 奥に中性化が進行した時点で鉄筋が有害な腐食状況となることが指摘されている。

本調査では、屋内側、屋外側とも同様の結果が得られた。

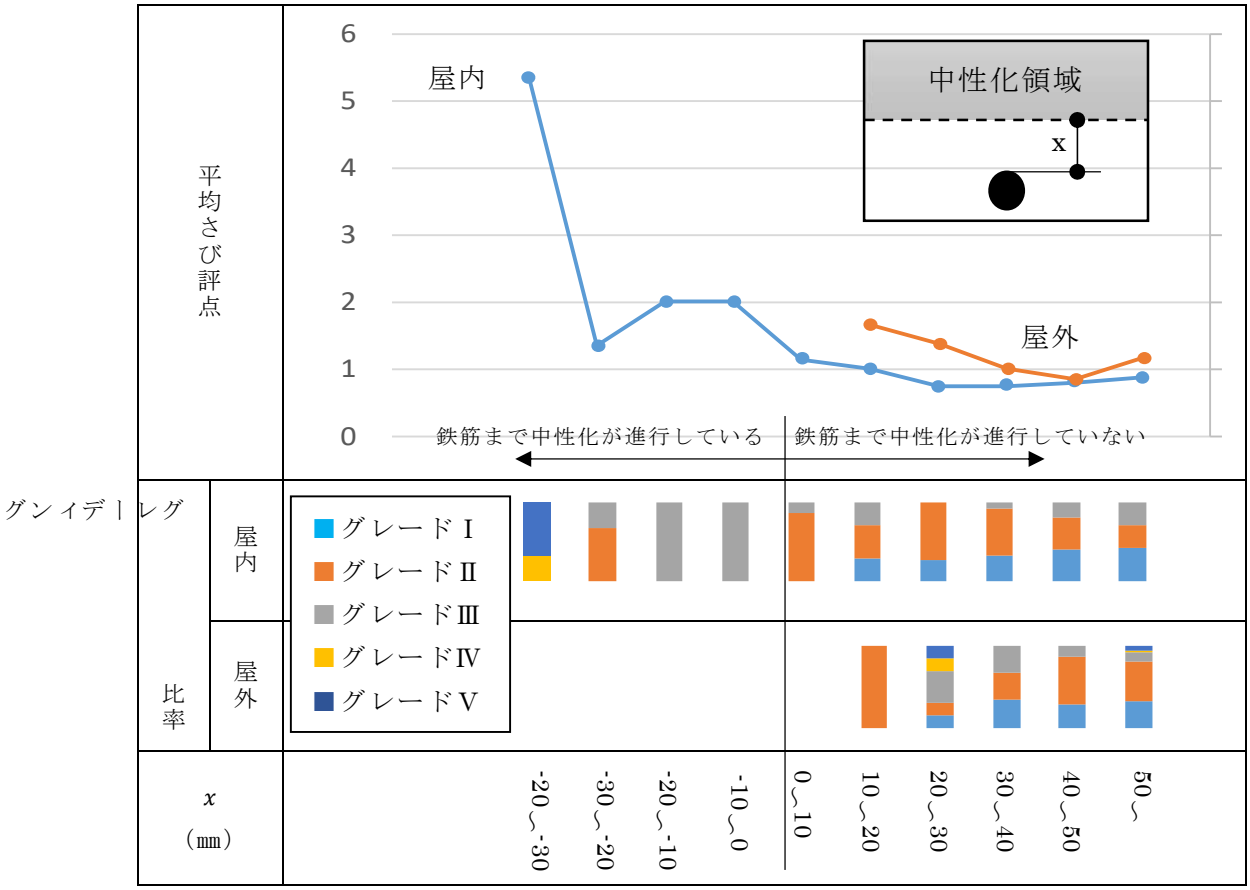


図 3.2.17　鉄筋腐食に及ぼす鉄筋表面から中性化領域までの距離の影響

(4)　外断熱調査

a. 外断熱背面調査

写真 3.2.32 に剥がした外断熱の背面を示す。外断熱パネルはファスナー（写真赤丸部分）による留め付けに加え、団子貼りで接着されていた。ファスナーは**写真 3.2.35** に示すように、メッシュシート 2 枚貼りの上から施工されていた。団子と既存外壁面、ダンゴと外断熱背面との接着は、剥離作業中になかなかはがれなかったことから、十分に接着していたものと考えられた。

EPS 断熱材は概ね 600 ㎜×1200 ㎜程度の大きさであり、端部には**写真 3.2.36** に示すように段差がつけられ、水の浸入対策が施されていた。

南面および東面においてはパネル表面にひび割れ(**写真 3.2.37**)などが見られた。

また、背面においては水が流れたような痕跡が確認された。

写真 3.2.34　外断熱パネルを撤去した外壁
赤丸部分にファスナーがある(西面)。

写真 3.2.35　ファスナーの留付け状況

写真 3.2.36 パネル端部の段差

写真 3.2.37 南面パネル表面のひび割れ

写真 3.2.38　東面パネル背面状況

写真 3.2.39　同接写。水痕が見られる。

写真 3.2.40　南面パネル背面状況

写真 3.2.41　西面パネル背面状況

写真 3.2.42　北面パネル背面状況

b. ファスナーの引抜強度試験

(1) ファスナーの状況及び引抜試験

表 3.2.10 にファスナーに状況及び引抜強度試験結果を示す。留付けプラスチックファスナーは治具との接続の関係から軸を切欠いて試験を行った。その結果いずれのファスナーも引き抜けず、軸の伸びにより試験を終了した。測定値は 0.91～1.70kN に分布し、平均値は 1.14kN となった。

表 3.2.10　ファスナーの状況及び引抜強度試験結果

記号	位置	引抜強度(kN)	破壊状況	平均値(kN)
N-1	北面	1.23	引き抜けなし	1.14
N-2	北面	1.22	引き抜けなし	
N-3	北面	1.21	引き抜けなし	
E-1	東面	1.02	引き抜けなし	
E-2	東面	1.00	引き抜けなし	
E-3	東面	1.70	引き抜けなし	
S-1	南面	1.07	引き抜けなし	
S-2	南面	0.92	引き抜けなし	
S-3	南面	0.91	引き抜けなし	
W-1	西面	1.18	引き抜けなし	
W-2	西面	1.03	引き抜けなし	
W-3	西面	1.21	引き抜けなし	

(2) 現有ファスナー引張強度による耐風圧性能についての計算

外断熱を留め付けるファスナーが、設計当初の基準値に対して安全かどうかの検討を行った。以下に現有ファスナー引張強度による耐風圧性能についての計算を示す。

① 外断熱パネルについて

名称：YBEX 工法

構成：繊維補強セメント板（厚さ約８㎜）の上にソフトスタッコ（厚さ２㎜）ビーズ法ポリスチレンフォーム（厚さ 100 ㎜）

パネル寸法：600 ㎜×1200 ㎜

ファスナー位置：パネル１枚に対し５～７本のファスナーを使用(耐力の計算では最小の５本とする)

写真 3.2.43 ファスナー位置の概要

② 建物概要

軒の高さ：11.315m（改修後断面図より）

建物の高さ：11.815m（改修後断面図より）

地表面粗度区分：Ⅲ

基準風速：32（m/ｓ）

地表面粗度区分に応じたZ_b，Z_G，αの値

Z_b：5

Z_G：450

α：0.20

写真 3.2.44 ファスナー概要

③ 計算

建築基準法告示 1458 号に準じ、⑴式により風圧力を算出する。

$W = \bar{q}\hat{C}f$ ⑴式

ここで、 W：風圧力（N/㎡）

$\bar{q}$：平均速度圧（N/㎡）

$\hat{C}f$：ピーク風圧係数（瞬間最大値）

写真 3.2.45 パネルの概要

また、平均速度圧は⑵式により算出する

$\bar{q} = 0.6\mathrm{Er}^2 V_0^2$ ⑵式

ここで、Er^2：平均風速の鉛直分布を表す係数

Ⅰ：HがZ_b以下の場合、$\mathrm{Er}=1.7(Z_b/Z_G)^{\alpha}$

Ⅱ：HがZ_bを超える場合、$\mathrm{Er}=1.7(\mathrm{H}/Z_G)^{\alpha}$

H：建築物の高さと軒の高さの平均高さ（m）

Z_b，Z_G，α：地表面粗度区分のⅠ～Ⅳによる。但し、Ⅳの場合は、Ⅲの場合の数値を用いる。

V_0：基準風速（m/ｓ）

本建築物では、$Z_b = 5 < H = (11.315 + 11.815)/2 = 11.565$　なので、前述のⅡに該当する。

$\mathrm{Er} = 1.7(\mathrm{H}/Z_G)^{\alpha}$　≒0.818

$\bar{\mathrm{q}} = 0.6\mathrm{Er}^2 V_0^2$　≒411.03（N/㎟）

次に、ピーク風力係数$\hat{C}f$　を求める。

$\hat{C}f = C_{pe} \cdot G_{pe} - C_{pi} \cdot G_{pi}$

ここで、C_{pe}：ピーク外圧係数であり、地表面粗度区分により決まる。

G_{pe}：ピーク外圧ガスト影響係数であり、地表面粗度区分により決まる。

C_{pi}：ピーク内圧係数であり、地表面粗度区分により決まる。

G_{pi}：ピーク内圧ガスト影響係数であり、地表面粗度区分により決まる。

本件で危惧されるのは、負圧による剥落であるため、負圧に対するピーク風力係数を求める。

負圧の場合のピーク風力係数は以下の表のとおりであるから、

$\hat{C}f$　＝－1.8　（一般部）

－2.2　（隅角部）

表 3.2.11　ピーク風力係数（負圧の場合）

部位	ピーク外圧係数　$Cpe \cdot Gpe$			ピーク外圧係数
	H≦45	45＜H＜60	60≦H	$C_{pi} \cdot G_{pi}$*
一般部	－1.8	この間は直線補間とする	－2.4	0
隅角部	－2.2		－3.0	

＊ピーク内圧係数は、閉鎖型建築物の時の値を示す。

以上より、安全側の隅角部の数値を用いて計算を行うと、

$W = \bar{q}\hat{C}f$　＝411.03　×（－2.2）＝－904.266（N/㎡）

部材は寸法 0.6m×1.2mであるので、そこにかかる風圧力W1 は、

W1＝0.6×1.2×W　＝－651.07152（N）　となる。

W1 の風圧力を 5 本のファスナーで支持するので、1 本のファスナーに必要な引張耐力Ｐは、

P＝W1/5≒－130.21（N）＝－0.130（kN）　となる。

今回の調査結果はいずれも上記数値をクリアしており、ファスナーは十分な耐力を保持していると考えられる。

(5) まとめ

北海道オホーツク総合振興局管内に所在する昭和41年築(昭和55年頃に外断熱改修)の壁式鉄筋コンクリート造共同住宅(地上4階建て×基準階住戸数3戸＝全12戸)において、設計図書の調査、外部目視調査、コンクリート躯体調査、外断熱調査を実施した。その結果を以下にまとめる。

(1) 外断熱仕様は、EPS(厚さ100㎜)ダンゴ貼り、メッシュシート2枚貼り＋プラスチックファスナー留めの上、透湿弾性吹付タイル仕上げである。
(2) 外断熱外壁の目視調査の結果、断熱材接合部に沿った仕上げ材のひび割れ、シーリング目地に沿った仕上げ材の切れ、開口廻りからの仕上げ材のひび割れが目立つ状況であった。
(3) その他の外壁面においては、塗装の剥がれ、バルコニー先端部分におけるひび割れやコンクリートの浮きが確認された。
(4) 北面および南面にて採取したコンクリートコアの外壁側の中性化深さ平均値について、外断熱有無の影響を検討した結果、外断熱による中性化抑制効果は確認できなかった。過去の調査においてもダンゴ貼りにおいて中性化抑制効果を確認できなかったが、本調査でも同様の結果となった。
(5) 圧縮強度平均値は、1階19.4N/mm^2、4階22.8N/mm^{2}となり、建築物Bにて示した設計基準強度135kg/cm^{2}を上回っていた。
(6) コアに含まれる鉄筋の腐食状況、かぶり厚さおよび中性化深さを検討した結果、屋外側ではいずれの鉄筋も中性化領域には入っておらず、平均さび評点は3以下であった。屋内側ではかぶり厚さより20㎜以上奥に中性化が進行した鉄筋において平均さび評点が5を超える結果となった。これは「日本建築学会：鉄筋コンクリート造建築物の耐久性調査・診断および補修指針(案)」に示される結果と同様であった。
(7) 外断熱の背面調査の結果、ダンゴ貼り接着剤は十分に接着されていた。背面においては水が流れたような痕跡が確認された。
(8) ファスナーの引抜強度試験の結果、確認強度最小値は0.91kNであり、いずれもプラスチックファスナーの伸びによって試験を終了した。これは建築基準法告示1458号に準じて求めた風圧力に対して必要なファスナー1本あたりの必要耐力である0.13kNを上回っており、十分な強度を保持していると言える。

3.2.3　建築物 D

(1)　設計図書の調査

本建築物に関連して確認できた設計図書は、平成 6 年に実施された改修工事の設計図書である。この改修工事は、建築物 C と同様に、間取りを大きくする工事であった。また、外壁においては、角波カラー鉄板張りを繊維混入セメントケイ酸カルシウム板の上、吹付タイル仕上げに変更している。図面から、この改修工事の以前に外断熱改修工事が実施されていることが分かった。実施年の詳細は不明であるが、委員会内における議論において昭和 55 年頃であると推察されたことから、ここでは昭和 55 年を外断熱改修年と仮定して評価を行うこととした。

その他に、間取り、仕上げ仕様などを確認できた。確認した内容を**表 3.2.12** にまとめる。

また、コンクリートの設計基準強度については、建築物と同様に 135kg/cm^2 を参考にして評価することとする。

表 3.2.12　設計図書調査結果

項目		設計図書の記述
外部	外壁(外断熱なし)仕上げ	改修前：モルタル刷毛引き AE 系リシン吹付け、木下地の上角波カラー鉄板張り 改修後：木下地追加の上繊維混入セメントケイ酸カルシウム板(厚さ 12 ㎜)目止め板の上合成樹脂エマルジョン系吹付タイル E
	外断熱仕様	記載なし
	屋根	片面から一長尺鉄板(厚さ 0.35 ㎜)蟻掛葺き、下地アスファルトルーフィング 22ｋ、野地板(改修にて張替え)
	バルコニー床	改修前：防水モルタル塗り 改修後：防水モルタル塗り(厚さ 15 ㎜)
	バルコニー笠木	改修前：カラー鉄板 改修後：アルミ笠木(厚さ 2.3 ㎜)
	バルコニー天井	モルタル刷毛引き AE リシン吹付け

(2)　外部目視調査

調査結果を図 3.2.17～図 3.2.18 にまとめる。

a.　一般外壁、バルコニー先端

外断熱が施されていない一般外壁は、北面の階段室の外壁と、南面の外壁およびバルコニーの外部である。

北面階段室の外壁においては､1 箇所で幅 1.0 ㎜を超える鉛直ひび割れが確認された。それ以外には、開口廻りからの流水痕が確認された程度であり、著しい劣化現象は確認されなかった。

写真 3.2.46　階段室壁の鉛直ひび割れ

写真 3.2.47　開口廻りの流水痕

南面外壁においては、開口端部やバルコニードレン廻り、バルコニー先端部といった水の影響を受けやすい部位において塗装剥がれが発生していた。ひび割れも数か所で発生している。

写真 3.2.48 ﾊﾞﾙｺﾆｰ端部における塗装剥がれ

写真 3.2.49 開口端部における塗装剥がれ

写真 3.2.50 ﾊﾞﾙｺﾆｰ天井面における塗装剥がれ

写真 3.2.51 開口端部における塗装剥がれ

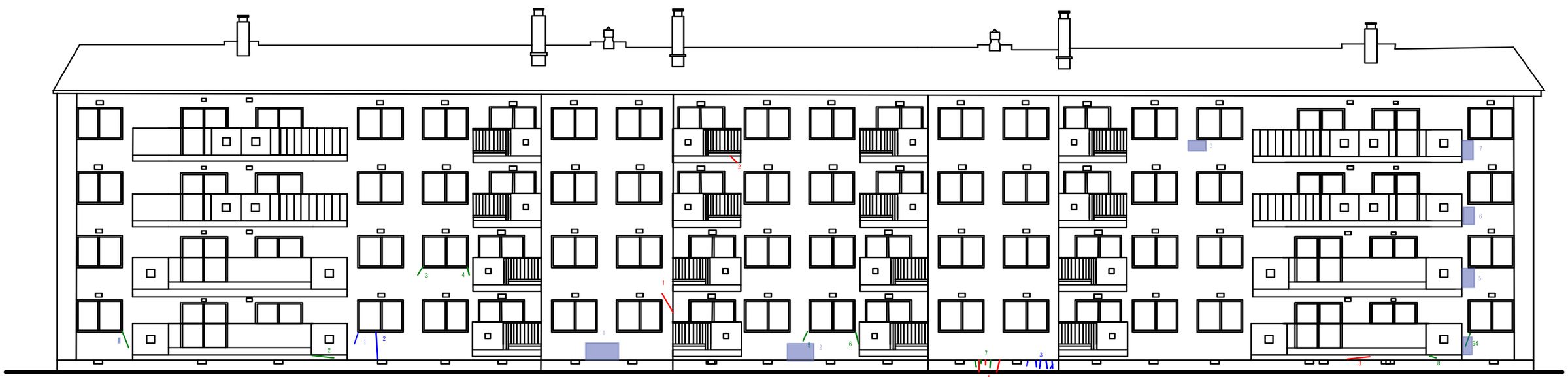
b.　外断熱部分

ケイ酸カルシウム板上にひび割れは確認されなかったが、表面塗装の剥がれが吸排気口周りや開口下部において目立つ状態である。

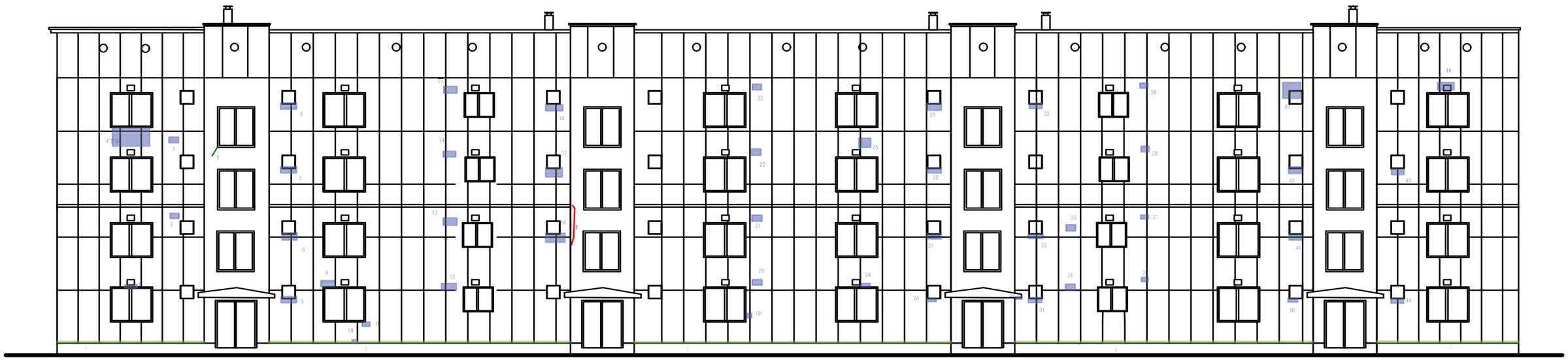
写真 3.2.52　吸排気口廻りの塗装剥がれ

写真 3.2.53　開口下部の塗装剥がれ

ひび割れW≦0.2
ひび割れ0.2≦W≦1.0
ひび割れ1.0≦W
剥がれ
錆び
浮き

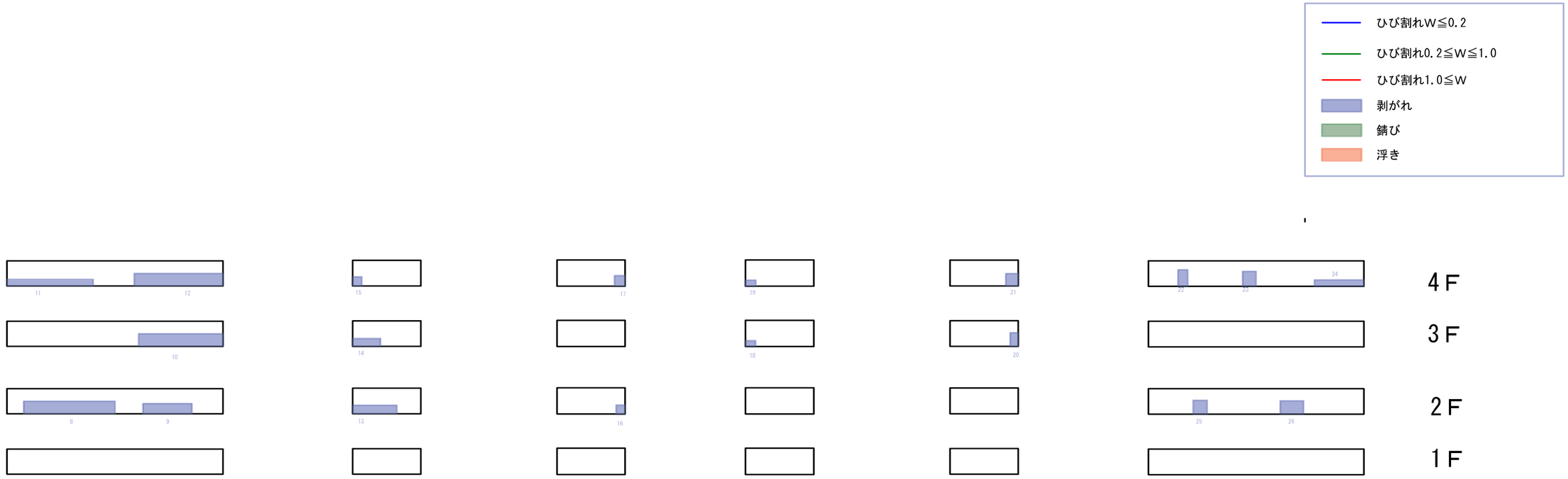


南面劣化状況図

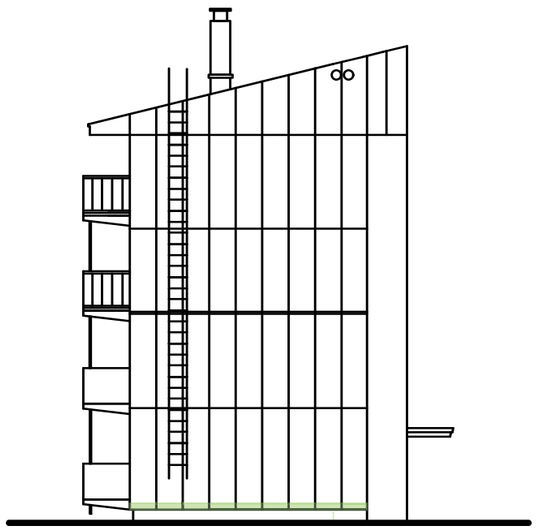


北面劣化状況図

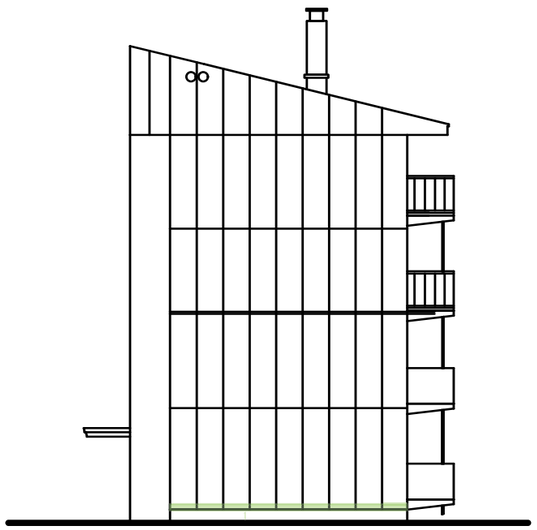
PROJECT 外断熱建物の温度性能および耐久性能調査委員会　建築物D　目視調査結果	TITLE 図3.2.17 南面および北面劣化状況図	SCALE 1：150	DATE 2020/3/20	No 1



南面バルコニー天井面劣化状況図



東面劣化状況図



西面劣化状況図

PROJECT 外断熱建物の温度性能および耐久性能調査委員会　建築物D　目視調査結果	TITLE 図3.2.18 東面、西面、バルコニー天井面劣化状況図	SCALE 1：150	DATE 2020/3/20	No 1

(3) コンクリート躯体調査

a. コンクリートコア採取

表 3.2.13 に採取コンクリートコアの状況を示す。

壁厚は 160 ㎜～220 ㎜となっていた。

表 3.2.13 採取コンクリートコアの状況

建築物名称	階	面	外断熱有無	記号	採取位置	仕上げおよび断熱材		分類	壁厚(㎜)
建築物D	1	北	有	21-1F-N-I-1	和室壁	内側	打放し	打放し	190
						外側	モルタル(17㎜)+ウレタン吹付(50㎜)	モルタル+ウレタン吹付	
				21-1F-N-I-2	和室壁	内側	打放し	打放し	160
						外側	モルタル(34㎜)+ウレタン吹付(32㎜)	モルタル+ウレタン吹付	
				21-1F-N-I-3	和室壁	内側	打放し	打放し	220
						外側	モルタル(5㎜)+ウレタン吹付(35㎜)	モルタル+ウレタン吹付	
			無	21-1F-N-N-1	階段室壁	内側	モルタル(55㎜)+EP	モルタル+EP	175
						外側	モルタル(13㎜)+吹付タイル	モルタル+吹付タイル	
				21-1F-N-N-2	階段室壁	内側	モルタル(35㎜)+EP	モルタル+EP	165
						外側	モルタル(25㎜)+吹付タイル	モルタル+吹付タイル	
				21-1F-N-N-3	階段室壁	内側	モルタル(8㎜)+EP	モルタル+EP	180
						外側	モルタル(53㎜)+吹付タイル	モルタル+吹付タイル	
		南	有	21-1F-S-I-1'	和室壁	内側	木毛板(13㎜)+ウレタン吹付	木毛板+ウレタン吹付	190
						外側	モルタル(10㎜)+ウレタン吹付(25㎜)	モルタル+ウレタン吹付	
				21-1F-S-I-2	和室壁	内側	木毛板(10㎜)+ウレタン吹付	木毛板+ウレタン吹付	200
						外側	モルタル(5㎜)+ウレタン吹付(45㎜)	モルタル+ウレタン吹付	
				21-1F-S-I-3	和室壁	内側	木毛板(10㎜)+ウレタン吹付	木毛板+ウレタン吹付	185
						外側	モルタル(15㎜)+ウレタン吹付(65㎜)	モルタル+ウレタン吹付	
			無	21-1F-S-N-1	居間壁	内側	木毛板(15㎜)+ウレタン吹付(25㎜)	木毛板+ウレタン吹付	185
						外側	モルタル(20㎜)+吹付タイル	モルタル+吹付タイル	
				21-1F-S-N-2	居間壁	内側	木毛板(15㎜)+ウレタン吹付(40㎜)	木毛板+ウレタン吹付	187
						外側	モルタル(20㎜)+吹付タイル	モルタル+吹付タイル	
				21-1F-S-N-3	居間壁	内側	木毛板(15㎜)+ウレタン吹付(30㎜)	木毛板+ウレタン吹付	183
						外側	モルタル(15㎜)+吹付タイル	モルタル+吹付タイル	

b. 中性化試験（コア法）

表 3.2.19 に中性化試験結果を、**図 3.2.20** にコンクリートの中性化に及ぼす外断熱有無の影響を、**図 3.2.21** にモルタルの中性化に及ぼす外断熱有無の影響を示す。

調査の結果、図に示す通り中性化深さはいずれも 10mm 以下と小さかった。北面のモルタルと、南面のコンクリートにおいて、外断熱ありの方が外断熱なしの中性化深さよりも小さくなっているが、それぞれの平均値が同じであることを帰無仮説とし、対立仮説を平均値が異なることとして有意水準を 1%に設定して T 検定を実施した結果、p 値はモルタルで 14.8%、コンクリートで 33.1%となり、統計的に今回のデータの有意性を説明することができなかった。

なお、外断熱なしのデータについては、外断熱なしのコアを改修時に打設した躯体から採取した可能性が考えられたため、これについては再度現地にて確認する必要がある。

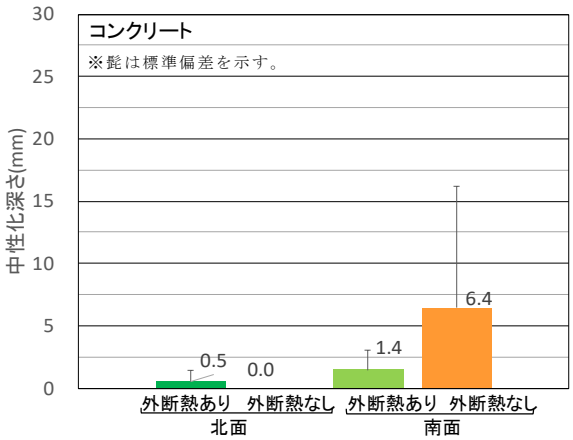


図 3.2.20 中性化に及ぼす外断熱有無の影響（コンクリート）

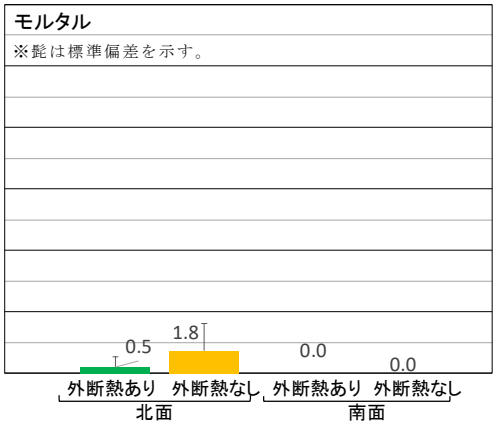


図 3.2.21 中性化に及ぼす外断熱有無の影響（モルタル）

表 3.2.14　中性化試験結果

建築物名称	階	面	外断熱有無	記号	仕上げおよび断熱材		分類	材質	中性化深さ(mm) 測定値						平均値	最大値
建築物D	1	北	有	21-1F-N-I-1	内側	打放し	打放し	モルタル								
								コンクリート	18.0	0.0	6.5	3.0	0.0	8.5	6.0	18.0
					外側	モルタル(17mm)+ウレタン吹付(50mm)	モルタル+ウレタン吹付	モルタル	4.0	3.0	0.0	2.0	0.0	0.0	1.5	4.0
								コンクリート	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
				21-1F-N-I-2	内側	打放し	打放し	モルタル								
								コンクリート	7.0	4.0	7.0	6.0	7.0	5.0	6.0	7.0
					外側	モルタル(34mm)+ウレタン吹付(32mm)	モルタル+ウレタン吹付	モルタル	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
								コンクリート	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
				21-1F-N-I-3	内側	打放し	打放し	モルタル								
								コンクリート	28.0	4.0	9.0	7.0	4.0	8.5	10.1	28.0
					外側	モルタル(5mm)+ウレタン吹付(35mm)	モルタル+ウレタン吹付	モルタル	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
								コンクリート	9.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	9.5
			無	21-1F-N-N-1	内側	モルタル(55mm)+EP	モルタル+EP	モルタル	15.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	15.0
								コンクリート	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
					外側	モルタル(13mm)+吹付タイル	モルタル+吹付タイル	モルタル	10.0	8.0	8.0	0.0	0.0	0.0	4.3	10.0
								コンクリート	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
				21-1F-N-N-2	内側	モルタル(35mm)+EP	モルタル+EP	モルタル	9.0	7.0	0.0	0.0	0.0	6.0	3.7	9.0
								コンクリート	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
					外側	モルタル(25mm)+吹付タイル	モルタル+吹付タイル	モルタル	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	7.0
								コンクリート	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
				21-1F-N-N-3	内側	モルタル(8mm)+EP	モルタル+EP	モルタル	5.5	3.0	3.0	2.0	2.0	5.0	3.4	5.5
								コンクリート	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
					外側	モルタル(53mm)+吹付タイル	モルタル+吹付タイル	モルタル	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
								コンクリート	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		南	有	21-1F-S-I-1'	内側	木毛板(13mm)+ウレタン吹付	木毛板+ウレタン吹付	モルタル								
								コンクリート	18.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.7	18.0
					外側	モルタル(10mm)+ウレタン吹付(25mm)	モルタル+ウレタン吹付	モルタル	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
								コンクリート	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
				21-1F-S-I-2	内側	木毛板(10mm)+ウレタン吹付	木毛板+ウレタン吹付	モルタル								
								コンクリート	10.0	0.0	0.0	5.0	8.0	7.0	5.0	10.0
					外側	モルタル(5mm)+ウレタン吹付(45mm)	モルタル+ウレタン吹付	モルタル	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
								コンクリート	5.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	1.2	5.0
				21-1F-S-I-3	内側	木毛板(10mm)+ウレタン吹付	木毛板+ウレタン吹付	モルタル								
								コンクリート	33.0	2.0	7.0	4.0	6.0	4.0	9.3	33.0
					外側	モルタル(15mm)+ウレタン吹付(65mm)	モルタル+ウレタン吹付	モルタル	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
								コンクリート	11.0	3.0	0.0	0.0	0.0	5.0	3.2	11.0
			無	21-1F-S-N-1	内側	木毛板(15mm)+ウレタン吹付(25mm)	木毛板+ウレタン吹付	モルタル								
								コンクリート	31.5	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.4	31.5
					外側	モルタル(20mm)+吹付タイル	モルタル+吹付タイル	モルタル	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
								コンクリート	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	10.0
				21-1F-S-N-2	内側	木毛板(15mm)+ウレタン吹付(40mm)	木毛板+ウレタン吹付	モルタル								
								コンクリート	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
					外側	モルタル(20mm)+吹付タイル	モルタル+吹付タイル	モルタル	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
								コンクリート	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
				21-1F-S-N-3	内側	木毛板(15mm)+ウレタン吹付(30mm)	木毛板+ウレタン吹付	モルタル								
								コンクリート	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
					外側	モルタル(15mm)+吹付タイル	モルタル+吹付タイル	モルタル	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
								コンクリート	34.0	0.0	0.0	13.0	30.0	29.0	17.7	34.0

c. 圧縮強度試験

表 3.2.15 に圧縮強度試験の結果を示す。

圧縮強度は 13.7～18.9N/mm² に分布しており、平均値は 1 階で 16.6N/mm² となった。

建築物 B にて示した設計基準強度 135 kg/cm ² と比較するといずれにおいてもそれを上回っていることを確認した。

表 3.2.15　圧縮強度試験結果

試料番号	直径(mm)			高さ	断面積	h/d	補正	最大荷重	圧縮強度(N/mm²)		
	1	2	平均	(mm)	(mm²)		係数	(kN)	補正前	補正後	平均値
21-1F-N-I-3	84.0	84.0	84.0	169.0	5542	2.01	1.000	105.0	18.9	18.9	16.6
21-1F-S-I-3	84.2	84.0	84.1	173.4	5555	2.06	1.000	95.0	17.1	17.1	
21-1F-S-N-3	84.0	84.0	84.0	177.2	5542	2.11	1.000	76.0	13.7	13.7	

d. 鉄筋腐食程度確認

表 3.2.16 にかぶり厚さおよび鉄筋腐食程度の確認結果を示す。

表 3.2.16　鉄筋腐食程度確認結果

コア記号	鉄筋記号	かぶり厚さ(mm)		腐食グレード
		内側	外側	
21-1F-N-I-1	A-1	146	31	3
	A-2	150	31	
	B-1	61	117	2
	B-2	53	118	
21-1F-N-I-2	A-1	62	94	2
	A-2	64	100	
	B-1	83.5	70	1
	B-2	87	79	
	C-1	134	27	1
	D-1	171	4	2
21-1F-N-I-3	A-1	85.5	122	2
	A-2	85	125	
	B-1	77	132	1
	B-2	78	132	
21-1F-N-N-1	なし			
21-1F-N-N-2	なし			
21-1F-N-N-3	A-1	34	128	2
	A-2	32	130	
	B-1	122	40	2
	B-2	122	42	
	C-1	142	28	1
	C-2	136	30	
	D-1	53	117	1
	D-2	51	120	
	F-1	25	145	2
	G-1	142	30	
21-1F-S-I-1’	A-1	146	36	2
	A-2	146	35	
	B-1	155	28	2
	B-2	158	21	
21-1F-S-I-2	A-1	150	39	2
	A-2	155	40.5	
	B-1	53	139	1
	B-2	50	143	
21-1F-S-I-3	A-1	33	139	2
	A-2	32	140	
21-1F-S-N-1	A-1	37	136	2
	A-2	39	135	
21-1F-S-N-2	A-1	131	47	2
	A-2	130	48	
	B-1	139	39	2
	B-2	137	41	
21-1F-S-N-3	A-1	135	37	2
	A-2	134	37	
	B-1	144	27	1
	B-2	144	31	

図 3.2.22、**図 3.2.23** にコアから抜き出した鉄筋のかぶり厚さと鉄筋腐食グレードの関係を示す。

内側、外側とも著しい腐食は確認されず、いずれもグレード 3 以下であった。

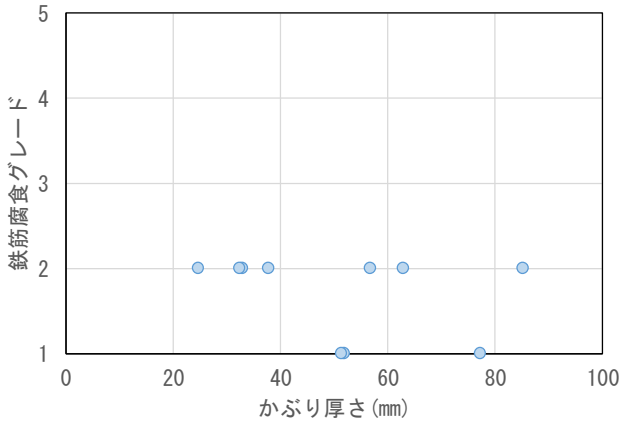


図 3.2.22　内側鉄筋のかぶり厚さと鉄筋腐食グレードの関係

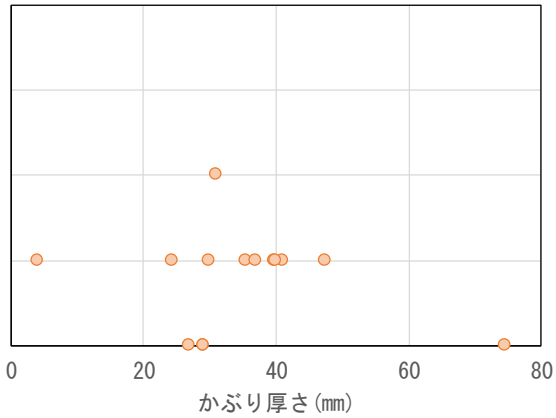


図 3.2.23　外側鉄筋のかぶり厚さと鉄筋腐食グレードの関係

図 3.2.24 に鉄筋腐食に及ぼす鉄筋表面から中性化領域までの距離の関係を示す。なお、平均さび評点とは**表 3.2** に従って鉄筋腐食グレード毎に算出される評点の平均値である。屋内、屋外とも鉄筋は中性化領域に進行しておらず、平均さび評点は 3 以下となった。

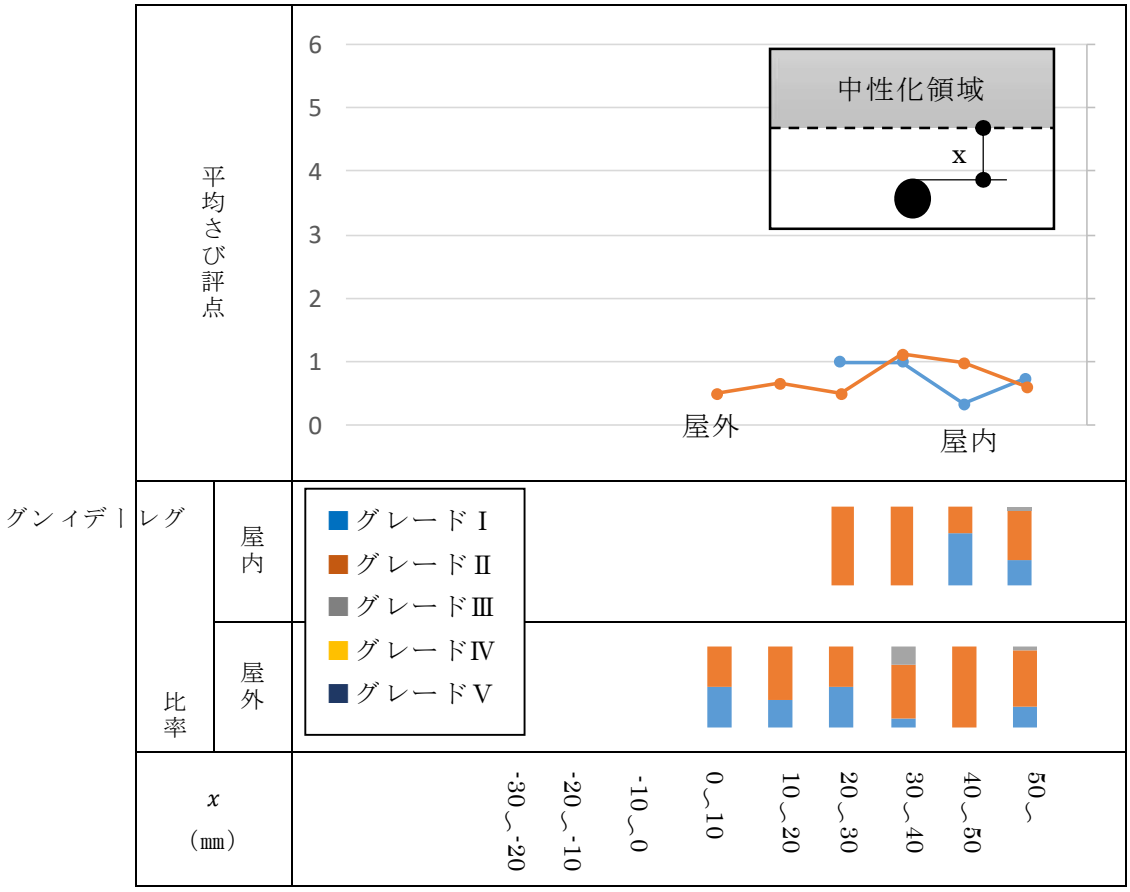


図 3.2.24　鉄筋腐食に及ぼす鉄筋表面から中性化領域までの距離の影響

(4)　外断熱調査

a. 外断熱背面調査

本建築物は、設計図書で外断熱の仕様を読み取れなかった。現地において、写真に示す通り一部調査を実施した形跡があったため、その部分にて確認を行った。

外断熱としては、ウレタンが厚さ 50mm 程度吹き付けられている状態であった。

ウレタンを既存躯体からはがすことが困難なことから背面の調査、サンプル採取は断念した。

写真 3.2.54　外断熱の状況

(5)　まとめ

北海道オホーツク総合振興局管内に所在する昭和 44 年築(昭和 55 年頃に外断熱改修)の壁式鉄筋コンクリート造共同住宅(地上 4 階建て×基準階住戸数 5 戸＝全 20 戸)において、設計図書の調査、外部目視調査、コンクリート躯体調査、外断熱調査を実施した。その結果を以下にまとめる。

(1) 外断熱仕様は、ウレタン吹付(厚さ 50mm)、木下地の上、繊維混入ケイ酸カルシウム板(厚さ 12 mm)目止め板の上合成樹脂エマルジョン系吹付タイル E である。
(2) 外断熱外壁の目視調査の結果、吸排気口廻りや開口下部において表面塗装の剥がれが目立つ状況であった。
(3) その他の外壁面においては、塗装の剥がれ、コンクリートのひび割れが確認された。
(4) 北面および南面にて採取したコンクリートコアの外壁側の中性化深さ平均値について、外断熱有無の影響を検討した結果、両者ともあまり中性化が進んでいなかったため、外断熱による中性化抑制効果は確認できなかった。
(5) 圧縮強度平均値は、1 階 16.6N/mm^2 となり、建築物 B にて示した設計基準強度 135 kg/cm^2 を上回っていた。
(6) コアに含まれる鉄筋の腐食状況、かぶり厚さおよび中性化深さを検討した結果、屋外側、屋内側ともいずれの鉄筋も中性化領域には入っておらず、平均さび評点は 3 以下であった。

§4　まとめ

本調査では、4 つの外断熱建築物に対して温度性能および耐久性能を把握するための各種調査を実施し、以下の知見を得た。

4.1　温度性能調査

北海道上川総合振興局管内に所在する昭和 49 年築（昭和 59 年頃に外断熱改修済み）の壁式鉄筋コンクリート造共同住宅（地上 4 階建て×基準階住戸数 6 戸＝全 24 戸）において、非入居住戸 17 戸（7 戸は入居住戸）の内、11 戸に自動記録温度計おんどとり）を設置して室内温度（自然室温）を、2019 年 1 月 18 日から 10 月 18 日の間（2020 年 3 月 16 日現在も測定は継続中）に測定した。その結果を以下にまとめる。

(1) 自然室温は、外気温度と概ね直線的な関係にあり、外気温度が高くなると自然室温も高くなる。

(2) 室内絶対湿度は、1 月度から 5 月度の間は、外気絶対湿度との差は小さかったが、6 月以降から徐々に外気絶対湿度が上昇し、7 月末から 8 月初めの盛夏には、室内の約 2 倍にまで上昇した。

(3) 各月度ごと時刻別平均温度を求め、その外気温度と自然室温の関係を見ても概ね直線的な関係が見られた。

(4) 冬期において、自然室温は入居住戸（暖房使用）との隣接関係に影響を受け、とくに測定住戸の上下階に入居住戸がある場合の自然室温は、隣室住戸が入居住戸である場合よりも自然室温は大きく上昇する。このとき、入居住戸が下階であるか上階であるかにかかわらず、その上下の位置関係による自然室温への影響は見られなかった。

(5) 時刻別平均温度から、冬期においても外気温度と自然室温の関係は概ね直線的な関係が見られるが、日中の時間帯において温度上昇の傾きが若干大きくなる傾向が、入居住戸との隣接関係に依らず確認でき、隣接住戸からの暖房の影響に加え、日射が室温上昇に与えた影響も含むと考えられる。

(6) 夏期においては、1 階住戸の自然室温が、他階の住戸に比べて顕著に低く、1 階床はほぼ無断熱と推定されることから、床の気密性能や床下地盤の影響によると考えられる。

(7) 夏期においては、最上階と西側住戸における日射の影響が大きいことが確認できた。最上階においては、夜間に屋根からの放熱が進んで室温は低下するが、西側の中間階では、放熱が進まず。夜間の自然室温が比較的高くなることが確認できた。

4.2　耐久性能調査

本調査では、外断熱を施した 3 棟の共同住宅に対して、外断熱の調査とコンクリート躯体の調査を実施した。ここでは、得られたデータからそれらの耐久性能について述べることとする。

建築物を長期的に供用していくことを視野に入れた場合、外壁において最も懸念される事項はそれらが劣化し、剥落するか否かである。本調査の範囲内では、いずれの建築物も外断熱施工から 30 年以上が経過しているものの、外断熱を留付けるファスナーの引抜強度は必要強度を上回っており、また、目視においても落下の危険性がある部位は確認されなかったこと、背面調査においても異常は見られなかったことから調査時点において剥落の危険性は低いものと推察された。但し、鋼製のファスナーにおいては、ファスナーに沿って浸入した雨水によるものと推察される腐食が発生しており、ファスナーの引抜耐力を低下させていたことが確認された。環境条件によっては腐食が急激に進行することも考えられることから、留意が必要である。

次に断熱材を保護する外断熱表層であるが、その劣化にはいくつかのパターンが確認された。1 つ目は鋼製ファスナーを使用した場合の頭の腐食である。2 つ目は断熱材の継ぎ目に沿ったひび割れである。委員会内で議論したところ、ひび割れの原因としては、EPS と化粧層の熱収縮率の差、EPS の養生不足等が考えられた。3 つ目は開口下部や排気口廻りを起点とした表層材料の劣化である。これらは水などの影響を受けやすいことが原因と推察された。

コンクリート躯体の耐久性に及ぼす外断熱の影響を、中性化の観点から調査した結果、統計的に有意性を確認できたものは 1 棟の調査結果のみであった。鉄筋腐食については明確な影響を確認できなかった。今回は中性化、鉄筋腐食の観点から調査を実施したが、外断熱がコンクリート躯体の耐久性に及ぼす効果を明らかにするためには、躯体内部の含水程度の測定や外断熱背面の含水程度の測定等を実施する必要があると考えられる。