

第16章 モデル事業実施（D4）

16.1 モデル事業実施の内容

16.1.1 モデル事業実施の目的

自立循環型住宅開発委員会において開発される様々な技術の普及を効果的に促進するために、また各々の技術の施工時、利用時における問題点を把握し、よりよい技術として確立させるために、モデル事業を実施する。

16.1.2 ワーキンググループによるモデル事業の検討

モデル事業委員会を発足するに当たって、平成13年度にはワーキングチームを設け、モデル事業を行う地域の選定、及び事業内容の検討を行った。

モデル事業では、地域における自立循環を意識して、地域の地場産材を積極的に活用した住宅の建設、及び街路、公園整備を行うこととした。

モデル事業の候補地の選定に当たっては、自立循環型住宅における技術が気候風土などその地域の特性に大きく左右されるために、地域の住文化に根ざしたすまいづくり、まちづくりを積極的に展開する地域住宅計画(HOPE 計画)策定市町村を中心に選定した。また実現の可能性を高めるために、すでにそれぞれの地域において、環境共生やストック活用等、自立循環型住宅に通ずる計画を立案している地域を選定した。これらの対象地域を図16.1.1に示す。

なおこの趣旨を生かすため、ワーキンググループは、それぞれの地域において、地域の住文化に根ざしたすまいづくり、まちづくりを積極的に推進している以下のメンバーによって構成された。

会 長	伊志嶺 敏子 いし みね としこ	伊志嶺敏子一級建築士事務所 所長
委 員	大柳 佳紀 おおやなぎ よしのり	北海道立北方建築総合研究所 居住科学部主任研究員
	楢田 耕市 くわた こういち	徳島県脇町土木事務所総務課 建築指導係係長
	重信 千代乃 しげのぶ ちよの	株式会社重信設計専務取締役
	清水 耕一郎 しみず こういちろう	株式会社アルセッド建築研究所 佐賀事務所所長

16.1.3 モデル事業候補地の概要

それぞれのモデル事業候補地における取り組みを以下に整理しておく。

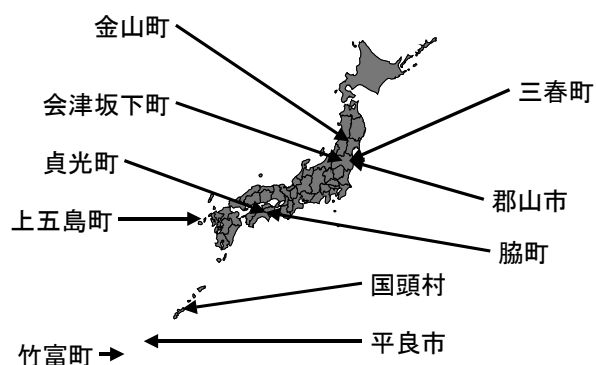


図 16.1.1 モデル事業候補地



図 16.1.2 三春町の土蔵

なお、HOPE 計画の目的である地域の住文化に根ざしたすまいづくり、まちづくりを実現するための地域の気候風土への適合、地域の住文化の継承、地元住宅関連産業の育成の観点から整理を試みた。

(1) 伝統的建築

伝統的建築の再生、空き家活用

徳島県脇町、貞光町

沖縄県竹富町

伝統的素材(土、紙)の評価、土蔵の活用

福島県三春町、会津坂下町



図 16.1.3 竹富島の伝統的建築物群保存地区

(2) 地場産材

地元の木材の活用(LCC)

山形県金山町、長崎県上五島町

沖縄県国頭村

(3) 集合住宅

バッテリー型住棟のエレベータ敷設、高温

多湿地における自立循環の試み

沖縄県平良市

寒冷地における自立循環の試み

福島県郡山市



図 16.1.4 金山杉

16.1.4 モデル事業の選定

ワーキンググループでは、ここに掲げられた候補地の市町村と精力的に協議し、モデル事業としての趣旨を十分具現化した上で、かつ当総合技術開発プロジェクト終了年度の平成16年度までに建設可能な住宅、及び街路・公園整備事業を選定した。

この検討の結果、住宅建設モデル事業として、長崎県南松浦郡上五島町(平成16年8月合併により現在新上五島町)の奈摩郷における木造公営住宅(上郷団地)の建て替え事業、街路・公園整備モデル事業として、福島県河沼郡会津坂下町の塔寺地区における街なみ環境整備事業を選定した。

16.1.5 モデル事業実施委員会

モデル事業の選定終了後、平成14年度からは、実際のモデル事業の内容の検討を進めるために、モデル事業実施委員会を組織した。委員は自立循環型住宅開発委員会に係わり、今回のモデル事業を実現するための技術について精通している研究者、実務者をお願いした。メンバーは以下の通りである。

委員長	伊志嶺 敏子	伊志嶺敏子一級建築士事務所所長
委員	鈴木 大隆	北海道立北方建築総合研究所 環境科学部居住環境科長
	清水 耕一郎	株式会社アルセッド建築研究所 佐賀事務所所長
	岩田 司	独立行政法人建築研究所 住宅・都市研究グループ上席研究員

16.1.6 モデル事業の内容

1) 上郷団地木造公営住宅建替事業

上郷団地は2棟3戸の木造公営住宅として計画された。設計は、モデル事業実施委員会の指導の下に行われた。A棟(2戸1住棟、木造2階建て、瓦屋根葺、延べ床面積:198.44㎡)は2003年3～9月にかけて施工され、またB棟(1戸1住棟、木造平屋建て、瓦屋根葺、延べ床面積:94.85㎡)は2003年12～2004年5月にかけて施工された。

上郷団地においては、自立循環の観点から、上五島町のある中通り島にある杉、桧を伐採

し、丸太のまま自然乾燥して上で、地元で製材した材料を土台(桧)、柱(杉)、梁・桁(杉:H180までのもの)、根太、垂木等を使用した。また伝統的な竹木舞下地、土塗り壁を採用し、この土壁の外側に断熱材を張り、かつ外壁通気工法を用いて、土壁の湿気を取り除く工法を採用した。なお、この土壁のための下地の竹も中通り島で伐採、乾燥した。また荒壁、下塗り用の土は解体した公営住宅の土壁の土を再利用した。概要を表16.1.1に示す。

表 16.1.1 上郷団地建設概要

		A棟	B棟
着工		2003.3	2003.12
竣工		2003.9	2004.5
木材	伐採時期	2002.3～2002.6	2003.3～2003.6
	乾燥状況	丸太のまま自然乾燥	丸太のまま自然乾燥
	乾燥期間	4～7ヶ月	3～6ヶ月
	使用箇所	土台(桧)	土台(桧)
		柱	柱
		梁・桁(H180まで)	梁・桁(H180まで)
		根太・垂木等	根太・垂木等
竹	伐採時期	2003.4	2004.2
	乾燥期間	2週間程度	2週間程度
		上五島町内で伐採	上五島町内で伐採
土	土塗壁	土は2種類使用	
		現場にあった土は荒壁・下塗まで使用	
		上塗以降は上五島町内の別の土(粒子が細かいもの)	
		土壁厚70(荒壁・下塗 厚60程度、上塗 厚10程度)	
	藁	すべて新しい町内のもの	

自然素材を使った伝統的な住宅は、断熱性能、防火性能、耐震性能に劣ると言われているが、一方で木や土などの吸湿性能、保温性能の高さによる室内気候の急激な変化の緩和が評価されている。また化学物質による健康への影響に対する不安から、自然素材が見直されている。特に吸湿性能の高い自然素材は、断熱性能を上げるために断熱材を入れることによって、湿度が壁体内等にこもり、構造体や壁などを腐らせる場合がある。今回の外断熱外壁通気工法は、この壁体内等の湿気を除去するための工夫であり、この工法の有効性が証明されれば、断熱性能の高い自然素材を活用した住宅建設が可能となる。

そこで上郷団地の建設に合わせ、室内や壁体内、床下等の温湿度を測定し、今回の工法の壁体内結露に関する実証実験を行うこととした。

また、自然素材を積極的に活用することによって、自立循環型住宅が目指す地球環境への影響評価を行うため、LCCO₂の評価も合わせて行った。さらに、地元の材料を利用することによる効果を測定するために、今回の場合の建設費と、今回の方法によらない一般的な場合の木造公営住宅の建設費とを比較し、地元への活性化の貢献度合いについて

の評価を行った。

2) 塔寺地区街なみ環境整備事業

自立循環型の社会を形成するためには、地場産材の活用が重要である。またヒートアイランド現象や都市内水害、地下水位の低下などの現代社会の抱える水の循環に対する対策も必要不可欠である。

そこで現在様々な透水性舗装の開発が行われているが、地場産材の活用を鑑み、地場産の骨材の自然の風合いが損なわれない接着剤系の透水性舗装の開発を行った。

接着剤系舗装は液だれによる強度不足により車両交通のある道路への適用が困難であったが、増粘材の混入により液だれを防ぐ技術が開発され、一般的な住宅市街地内道路のような軽交通に対応した透水性の舗装材としては十分な強度を得ることができるようになった。

そこで、これら軽交通に対応した道路舗装、及び建築外構、駐車場、公園整備などへの活用による水循環への効果の評価を行い、併せて塔寺地区において、実際に透水性舗装の施工を行い、軽交通に対応した透水性舗装の実証実験を行う。

16.2 上郷団地木造公営住宅建て替え事業

16.2.1 上郷団地A棟の建設

A棟は、伝統的な木造軸組工法による2階建ての2戸1住宅である。プランを図16.2.1、図16.2.2に示す。

プランは1階に食堂、居間とこれに続く和室を配置し、南北に風が抜けるように配置した。また南側にサンデッキを設け、サンデッキと廊下、玄関を直線に配置し、ここも南北に通風がとれるように工夫した。

外壁は杉板張りとし、軒を深く取って、通風を確保しながら夏の日照を防ぐ方策をとっている。

その他、基礎断熱工法、外張り断熱外壁通気工法、外部建具への複層ガラス等を採用して、次世代省エネルギー基準を満たした建物となっている。表16.2.1に今回の建設に係わる取り組みをまとめておく。

1) 地場産材の活用

上郷団地A棟では、柱材に使用する杉、および土台に使用する檜を今回の建設のために上五島町内の山(図16.2.3)から切り出し(図16.2.4)、上五島町内の製材所で製材を

行ったものを自然乾燥の上使用した。また、土壁の木舞用の竹も上五島町内にあるものを伐採し使用した(図16.2.5)。

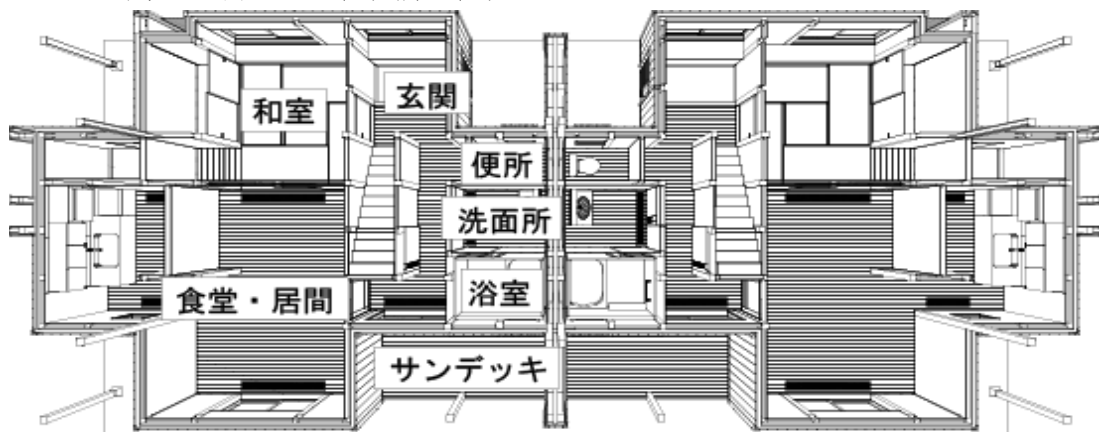


図 16.2.1 上郷団地A棟1階平面図



図 16.2.2 上郷団地A棟2階平面図

表 16.2.1 上郷団地 A 棟概要

1.	九州（地域 V）での外断熱工法の取り組み	断熱基準は次世代省エネルギー基準を採用	屋根断熱厚115、壁断熱厚60、基礎断熱厚50、複層ガラス
		外壁下地に土塗壁を採用し、蓄熱効果を期待	取り壊された公営住宅に使用されていた土壁材の再利用。小舞竹も地元の竹を利用。
		基礎断熱により、床下と室内との空気を循環させる	床下換気スリットと換気小窓の採用
2.	地場産木材の使用	原木の切り出しから製材まで地域で行う(構造材)	
		外壁や内装材に木材(杉材・桧材)を積極的に活用しているので将来のメンテナンスがしやすい	
3.	高耐久性木造住宅の実現	しっかりとした構造材	柱・・・杉材120角、土台・・・桧材120角
		べた基礎の採用	
		外壁通気工法の採用	
		壁体内通気に取り組む	床下換気や通気性のある土塗壁＋珪藻土で壁体内通気を行う
		屋根通気方法の採用	
		維持管理・更新の容易な設備配管・配線	
4.	環境にやさしい省エネルギー循環型の住まいづくり	在来軸組工法による地元大工の技術活用	内部は構造材現しの真壁工法
		環境にやさしい建材・仕上材の積極的な活用	ノンフロン断熱材、土塗壁、珪藻土、木材（無垢）、エコ塗料
		外構舗装材は透水性舗装材の採用	
		散水や洗車に利用できる雨水貯留タンクの採用	
		コンポストによる堆肥化による生ゴミのリサイクル	
		ホルムアルデヒドの少ない健康住宅	
5.	地域に馴染んだ伝統的外観と新しい生活スタイルに合わせたプランニング	板壁、瓦屋根で四周に下屋が廻る伝統的な外観	
		充実した半戸外空間	
		快適な通風と採光の確保	

現在上五島町内では、戦後植林された杉、檜が、樹齢 35 年から 40 年を迎えており、二次間伐の時期となっている。上五島地方の杉、檜は全般に成長が遅く、そのために目の詰まった材となり、建築資材として用いるのには最適である。しかしながら、樹齢 35 年程度では、4 寸角の柱材が切り出せる木は多くない。そこで、今回は土台と柱材、高さ 180mm 以下の梁、桁材、及び根太、垂木に上五島産のも杉、檜を活用した。表 16.2.2・表 16.2.3 に今回使用した檜、杉の含水率、及び静的曲げ試験結果を示しておく。

含水率を見ると檜では JAS 規格値の 20% 以下をすべての試験対でクリアしているが、杉材では若干上回っている材料がある。

上五島町を含む中通島では木材乾燥設備が無く、自然乾燥に頼ることになるが、特に杉

材の乾燥には注意が必要である。自然乾燥は化石燃料を必要としないため、CO₂の削減には相当な効果がある。離島であることから、機械乾燥を行う場合には、最も近い場所である佐世保まで航送し、乾燥した後佐世保から航送するという方法をとらざるを得ない。現段階では機械乾燥とともに航送にも化石燃料を必要とする。

今回は特に公共事業と言うこともあり、葉枯らし等の処置を取る十分な余裕がなかった。今回の建設で主要構造材に二次間伐材の活用が可能であることが確認できたので、今後の供給体制の確立に向けて、自然乾燥のあり方を検討することが必要不可欠である。

しかしながら今回の結果を見る限り、自然乾燥による地場産材の活用は、十分にその可能性がある結論づけることができる。



図 16.2.3 伐採現場



図 16.2.4 伐採された原木



図 16.2.5 上五島産の小舞用の竹

表 16.2.2 静的曲げ試験結果(1) ヒノキ試験体

No.	含水率 (%)	密度 (g/cm ³)	断面二次モーメント I (× 10 ⁴ mm ⁴)	曲げ剛性 P/δ (N/mm)	断面計数 Z(× 10 ³ mm ³)	最大荷重 Pmax (N)	曲げヤング'計 数 E(× 10 ⁶ N/mm ²)	曲げ強さ σ max(× 10 ³ N/mm ²)
H-01	17.3	0.474	7.148	351.1	4.695	2670	75.81	59.73
H-02	17.1	0.478	8.107	361.6	5.117	2742	68.84	56.28
H-03	16.6	0.489	7.075	294.8	4.664	2546	64.30	57.33
H-04	16.4	0.515	7.185	357.3	4.715	2806	76.75	62.49
H-05	18.2	0.516	7.068	315.2	4.655	2613	68.83	58.95
H-06	16.9	0.516	7.141	326.5	4.692	2711	70.57	60.68
H-07	16.5	0.517	7.148	369.1	4.698	3040	79.70	67.94
H-08	16.8	0.521	7.223	357.0	4.730	3156	76.29	70.04
H-09	16.8	0.522	7.155	370.5	4.701	2960	79.94	66.10
H-10	16.6	0.533	7.150	357.9	4.701	2866	77.26	64.03
平均値	16.9	0.508		346.1		2811	73.83	62.36
標準偏差	0.5	0.020		25.3		194	5.30	4.60
変動計数 (%)	3.13	4.00		7.30		6.91	7.18	7.38
下限値							62.7	52.7

表 16.2.3 静的曲げ試験結果 (2) スギ試験体

No.	含水率 (%)	密度 (g/cm ³)	断面二次 モーメント I (×10 ⁴ mm ⁴)	曲げ剛性 P/δ (N/mm)	断面計数 Z(× 10 ³ mm ³)	最大荷重 P _{max} (N)	曲げヤング'計 数 E(× 10 ⁶ N/mm ²)	曲げ強さ σ _{max} (× 10 ³ N/mm ²)
S-01	23.6	0.398	7.242	199.7	4.743	1790	42.55	39.63
S-02	20.0	0.406	7.167	226.2	4.709	1658	48.73	36.97
S-03	20.0	0.406	4.207	230.8	4.723	1699	49.44	37.77
S-04	17.8	0.431	7.103	239.9	4.681	1793	52.13	40.23
S-05	31.3	0.440	7.036	218.0	4.647	1795	47.84	40.56
S-06	20.5	0.461	7.077	168.8	4.658	1890	36.80	42.60
S-07	81.5	0.469	7.103	131.9	4.676	1450	28.67	32.57
S-08	28.5	0.469	7.216	244.4	4.735	1935	52.28	42.92
S-09	39.0	0.472	7.096	230.8	4.670	1914	50.20	43.04
S-10	24.7	0.496	6.886	255.3	4.578	2027	57.23	46.49
平均値	30.7	0.445		214.6		1795	46.59	40.28
標準偏差	19.0	0.034		38.0		165	8.41	3.88
変動計数 (%)	61.79	7.59		17.70		9.16	18.1	9.64
下限値							28.9	32.1

2) 基礎断熱工法

北海道を中心とした寒冷地で活用されている基礎断熱工法を採用した(図 16.2.6、図 16.2.7)。

これは、最近ではエアコンの普及が進み、公営住宅においても入居者が取り付ける場合がほとんどであり、断熱性能をアップすることによって、エアコンに使用されるエネルギーの減少が見込まれるためである。

また上五島町は、離島であることから、我が国の中でも温暖であり、かつ湿度が高い。夏場には外気の湿度が 90%を超すことも少なくない。一方、最近のエアコンは除湿能力が高いものが多くなっている。このため、基礎断熱工法を採用することによって、外気を遮断し、室内と床下の空気を交換する通気口(図 16.2.8)を設け、エアコンを活用する室内との空気の交換を行った方が、夏場の湿度の上昇を防げるのではないかと考えられるためである。

2 月 6 日は小雨の降る日であったが、床下の湿度センサーの値は 60%程度で、室内の湿度とほぼ同じであり、床下と室内との空気



図 16.2.6 基礎断熱



図 16.2.7 ベタ基礎と束立て

の循環はうまくいっていると考えられる。今後この温湿度データの解析を行ってゆく。



図 16.2.8 室内と床下との通気口



図 16.2.9 取り壊された公営住宅の土壁材料の再利用



図 16.2.10 竹小舞

3) 土塗り壁と外壁通気工法

壁は本格的な土塗り壁を採用した。これは、土の持つ保温性、保湿性に着目し、急激な温湿度の変化を押さえ、快適な居住環境を維持できると考えたからである。

土壁の材料は、取り壊された公営住宅に使用されていた土壁材を再利用した(図 16.2.9)。土壁の内壁仕上には漆喰を用い、外壁側は次世代省エネルギー基準に従い、厚 60mm のグラスウールを断熱材として用い、その外側に通気層を取って、杉板を張り、外断熱工法とした(図 16.2.10～図 16.2.16)。

で、60%程度にまで下がっていた。今後高温多湿期に向かってデータの取得を行いたい。



図 16.2.12 断熱材



図 16.2.11 中塗りの様子

ここでの問題は、通気層によって、土壁とグラスウールの湿気を取り除けるかどうかであるが、2月6日の測定では土壁内部の湿度はす



図 16.2.13 窓枠と断熱材の取り合い



図 16.2.14 外壁の杉板張り



図 16.2.16 外壁仕上げが進む現場



図 16.2.15 基礎と外壁の取り合い



図 16.2.17 上棟式(餅まき)

4) 屋根の断熱

屋根は瓦屋根とし、断熱材を厚115mmとした。4月10日の上棟式(図16.2.17)の後、屋根の断熱材(図16.2.18)を入れたところ、5月以降の高温の中でも室内は涼しく、施工がしやすかったということである。大きな窓を南北両側に配置し、通風に考慮したこともこの一因であるが、屋根断熱は高温多湿気候の上五島町地域では有効であるということを表している。また、特にこの屋根の断熱は、夏季のエアコンの負荷低減につながる。



図 16.2.18 屋根の断熱

5) 継手・仕口

継手・仕口には伝統的技法を極力使用し、またなるべく金物を使わず、木栓等を使用した(図16.2.19)。



図 16.2.19 継手等の接合部にはなるべく金物を使わず、木栓等を使用

6) 通気

上五島町は、海洋性気候であり、沿岸部を津島暖流が流れているために、冬季でもそれほど寒さは厳しくなく、夏季を中心に高温多湿な気候特性を持つ。このため、設計において、通気への配慮を行った。



図 16.2.20 南面の掃き出し窓



図 16.2.21 北側の出窓



図 16.2.22 二階窓から見える上五島町奈摩郷の街なみ

一階においては、南側に大きな掃き出し窓を取り、北側にも大きな出窓を取った(図 16.2.20、図 16.2.21)。二階も同じく南北両面に十分な開口を取り(図 16.2.22)、妻面に

も小窓を取って(図 16.2.23)、通風に配慮した。

強烈な日射を防ぐために、庇を大きく取り、また南面するサンデッキ(図 16.2.24)は、室内側に距離にして一間入り込むように取り、十分な日陰ができるよう配慮した。

各居室の窓の上部には自動感知式の換気口(図 16.2.25)を設け、雨の日や風の強い日、冬季にも十分換気がとれるようにした。



図 16.2.23 二階妻面の小窓



図 16.2.24 南側サンデッキ



図 16.2.25 自動感知式換気口

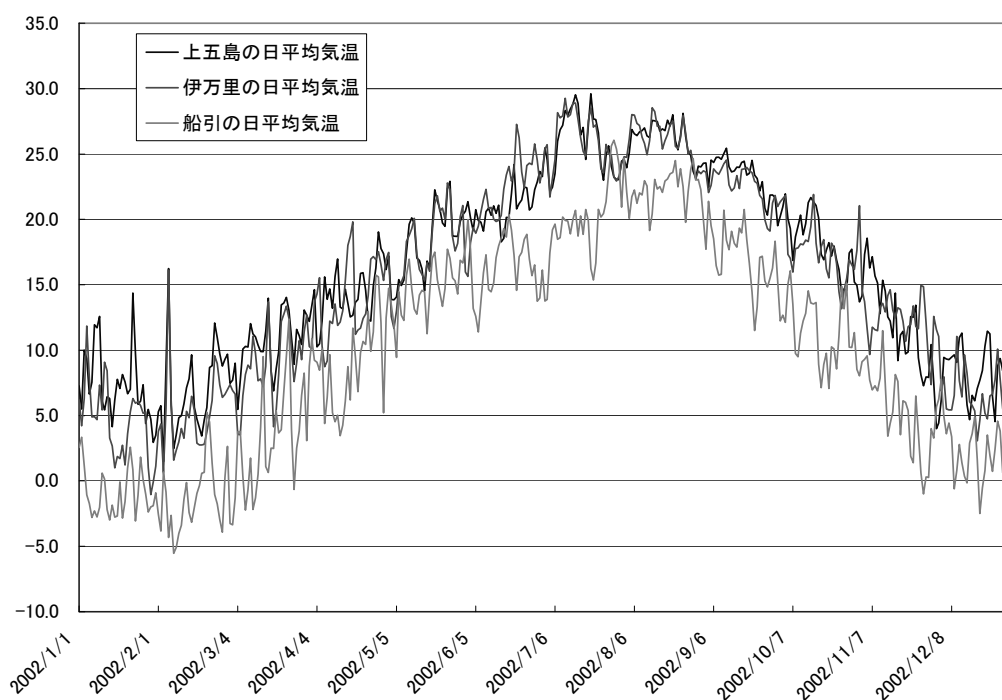


図 16.2.26 上五島町の気温特性：上五島町、伊万里(佐賀県)、船引(福島県)の日平均気温の比較



図 16.2.27 各扉上部のガラリ戸



図 16.2.28 一階廊下



図 16.2.29 二階への階段



図 16.2.30 ふすま上部のガラリ戸

室内では、各部屋の出入り口(図 16.2.27)、および間仕切りのためのふすま(図 16.2.30)の上部にガラリ戸を設け、廊下(図 16.2.28)、階段室(図 16.2.29)を通して各部屋同士の通風が図れるようにした。これにより、空気の滞留する場所が少なくなる。

以上のような通風、通気に対する配慮により、2月6日の温湿度センサーの値は、各部屋ともほぼ同じ値であり、十分な換気と、通気が行われていることが判断された。



図 16.2.31 在来軸組工法による架構



図 16.2.32 上五島産の採石を活用した本格的な透水性舗装



図 16.2.33



図 16.2.34 左側が上郷団地A棟・右奥の建物が上五島地方の伝統的な住宅

7) その他の配慮事項

表 16.2.1に今回の上郷団地建設における計画上の配慮事項を掲げておいたが、以下にそのうち主なものを整理しておく。

まず、地域活性化のために地元で伐採した杉、檜、竹を使用した。地元大工の伝統技術の継承も考慮し、在来軸組工法を採用した。

外構では、地元上五島産の採石を活用した本格的な透水性舗装(図 16.2.32)を採用した。これは自動車交通にも耐えうる強度を持ち、かつ豪雨時でもほとんど水溜まりのできない舗装である。

また自立循環を目指し、コンポストと薄い貯留槽を設置した(図 16.2.33)。

伝統的な家屋の形態には、その地方の気候風土に対する対策手法が含まれている。実際に上五島町地域でも、南北両面に窓を大きく取り通風を確保し、一階は大きく下屋を張り出した形態の家屋が一般的である。今回の上郷団地A棟も、この伝統的形態を踏襲した(図 16.2.34)。結果として通気性に優れた建物が完成(図 16.2.35)し、また外断熱工法、通気工法、土等の自然素材を採用することによって、断熱性能ばかりではなく、保温保湿にも優れた住宅ができたと考えている。この結果は当団地に取り付けられたセンサーの結果によって評価されることになる。



図 16.2.35 上郷団地A棟竣工写真

16.2.2 上郷団地B棟の建設

B棟は、A棟と同じく統的な木造軸組工法であり、また竹木舞下地の土壁の上に断熱材を入れ、その外側に通気層を取って、断熱性能を高めながら、自然材料である土壁の湿気を抜く工法を採用している。プランを図 16.2.36に示す。

ただしA棟での施工の結果、例えば外張り断熱を採用したために壁が厚くなり、外壁の隅部、建具まわりなどの収まりに大きな部材が必要となり、結果として施工費に跳ね返るなどの問題が生じたため、一部仕様の見直しを行った。

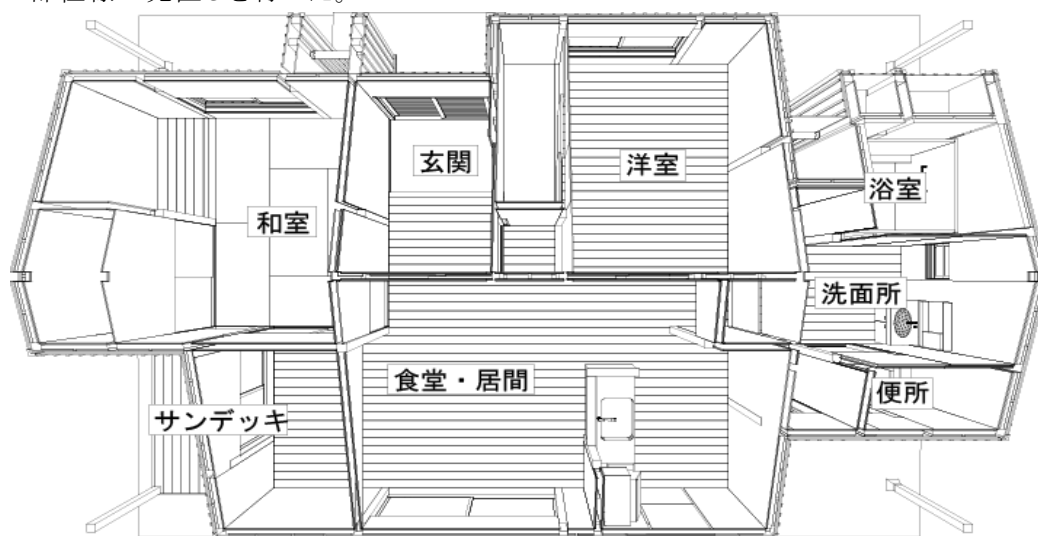


図 16.2.36 上郷団地B棟1階平面図

1) 基礎断熱から床下断熱への変更

基礎断熱の高温多湿期の長い上五島地方での有効性は、A棟の測定データの解析結果によって判明するが、一般に広く普及している床下断熱についての検証を、なるべく同

条件で行うために、今回のB棟では、土台下の束立てを行わず、布基礎とし、床下に断熱材を入れることとした。断熱材は押出発泡ポリスチレンフォームB類3種(t=65)を根太間に挿入した。

2) 外断熱工法の一部仕様変更

A棟では、土壁を施工後、柱梁の外面に断熱材を張り、その外側に通気層を取り、外壁に杉板を張った。

室内側から順に次のような仕様となる。

- ・柱間に竹木舞による土壁(厚70:荒壁・下塗り=厚60程度、上塗り=厚10程度)
- ・内装仕上げは珪藻土 真壁

- ・柱間外面にシーリングボード(t=12)
- ・シーリングボードの外に高性能グラスウール 32KHG (t=60)
- ・グラスウールの外に透湿防水シート(t=0.17)
- ・その外に横胴縁(空気層・21×45@313)
- ・外壁:杉板縦羽目板貼(18×160)

これでは壁厚が厚くなりすぎ、外部建具まわりや角の部分に費用がかかりすぎ、また二階角のディテールが複雑になり、一階下屋の部分の雨仕舞いに若干の不安がある。

そこで、壁の断熱材の厚さ(高性能グラスウール32KHG・t-35)を減らし、柱梁の奥行きの中で、土壁と断熱材を施工することとした。このため、柱梁面に直接通気層と外壁が施工できるため、壁圧も薄くなり、ディテールもかなり単純化された。

3) 屋根断熱

屋根断熱は、A棟の現場施工時、5月の高温な日も現場が相当涼しいと施工業者から報告があった。5月になると五島地方では晴天の日には相当強烈な日射があり、一般の現場では虫変えるような暑さの中での作業となるのが普通であるが、当現場は一般の建物に比べ相当に涼しいとのことであった。

これは上棟後ということで、屋根断熱がこのような効果をもたらしたものと考えられる。A棟の屋根断熱は以下のようなものである。

- ・押出発泡ポリスチレンフォーム B 類 3 種
t-65(垂木間)
- ・垂木: 杉一等 45×90@313
- ・構造用合板(T1)t-12
- ・押出発泡ポリスチレンフォーム B 類 3 種
t-50
- ・通気層: 豎胴縁 30×30@313
- ・野地板: 杉一等 t-15
- ・アスファルトルーフィング 940
- ・日本和風粘土瓦(いぶし瓦)葺
4.5 寸勾配

そこで、B棟でもこの屋根断熱の仕様はこのまま踏襲することとした。

以下に B 棟の完成写真を示しておく。



図 16.2.37 完成したB棟



図 16.2.38 玄関



図 16.2.39 玄関からリビングを見る。
リビングを抜けて通風が確保される



図 16.2.40 リビング



図 16.2.44 リビングに続く和室の襖と欄間で通風とプライバシーを確保



図 16.2.41 キッチンからリビングを見る



図 16.2.45 リビングから玄関和室を見る



図 16.2.42 トイレ、風呂への入り口の扉上に換気用の小窓を設け通風を確保



図 16.2.46 外壁は杉板張り。屋根の上に太陽熱温水器がのる



図 16.2.43 和室に通風用の小窓



図 16.2.47 完成したA棟とB棟

16.3 土壁への外張り断熱外壁通気工法の有効性

16.3.1 温湿度の測定

温湿度の測定には、株式会社ティアンドディの温湿度データロガー（連続 8000 データを取得可能）を用いた。2003 年 8 月 6 日に上郷団地 A 棟、1 棟 2 住戸に 30 個の温湿度センサーを取り付けた（図 16.3.1）。測定期間は 2003 年 8 月 7 日から 2004 年 7 月 22 日までの約 1 年間である。この間、30 分間隔でデータを収集した。測定期間中に 1 度、2004 年 2 月 6 日にセンサーのデータ収集と電池交換を行った（図 16.3.2）。設置場所は、表 16.3.1 に示す通りである。

表 16.3.1 温湿度センサーの取付位置

センサー番号	住戸	設置場所		
No.1	東住戸	1F	軒下	
No.2	東住戸	1F	食堂・居間	FL+10cm
No.3	東住戸	1F	食堂・居間	FL+100cm
No.4	東住戸	1F	和室	FL+100cm
No.5	東住戸	1F	トイレ	FL+100cm
No.6	東住戸	1F	洗面所	FL+100cm
No.7	東住戸	2F	寝室A	FL+10cm
No.8	東住戸	2F	寝室A	FL+100cm
No.9	東住戸	2F	寝室B	FL+10cm
No.10	東住戸	2F	寝室B	FL+100cm
No.11	西住戸	1F	軒下	
No.12	西住戸	1F	食堂・居間	FL+10cm
No.13	西住戸	1F	食堂・居間	FL+100cm
No.14	西住戸	1F	和室	FL+100cm
No.15	西住戸	1F	トイレ	FL+100cm
No.16	西住戸	1F	洗面所	FL+100cm
No.17	西住戸	2F	寝室A	FL+10cm
No.18	西住戸	2F	寝室A	FL+100cm
No.19	西住戸	2F	寝室B	FL+10cm
No.20	西住戸	2F	寝室B	FL+100cm
No.21	東住戸	床下	食堂・居間	南
No.22	東住戸	床下	和室	北
No.23	東住戸	1F	外壁-断熱材間	南
No.24	東住戸	1F	土壁-シーリングボード間	南
No.25	東住戸	1F	外壁-断熱材間	北
No.26	東住戸	1F	土壁-シーリングボード間	北
No.27	東住戸	2F	土壁-シーリングボード間	南
No.28	東住戸	2F	タイベック-断熱材間	南
No.29	東住戸	2F	土壁-シーリングボード間	北
No.30	東住戸	2F	タイベック-断熱材間	北



図 16.3.1 温湿度センサーの取り付け

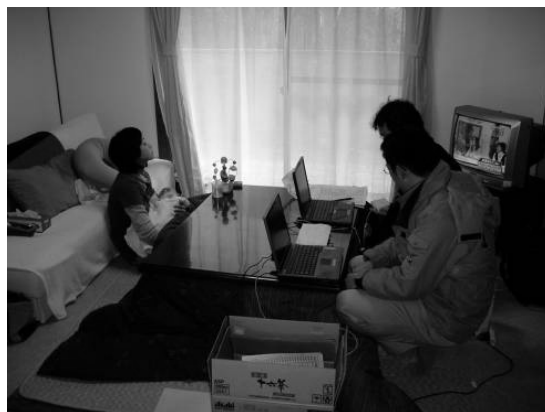


図 16.3.2 温湿度センサーの電池交換とデータ取得(左は奥様と生まれたばかりのお子様)

ここでは土壁への外張り断熱外壁通気工法の有効性の検証のために、外気の温湿度変化と室内(東住戸1F 食堂・居間:表 16.3.1中のNo.3:以下室内と表記)、壁体内(東住戸1F 北・シーディングボード⇔断熱材間:表 16.3.1中のNo.26:以下壁体内と表記)の温湿度変化の1年間の全体的な変化の概略を比較することによって考察を行うこととする。また図 16.3.3～図 16.3.8中の平成 16 年 1 月 20 日～2 月 5 日のグラフの直線部分は、データのオーバーフロー(8000 データを越えたこと)によるデータ欠損である。

16.3.2 期間中の温度変化

図 16.3.3～図 16.3.5に期間中の外気温と室内、壁体内の温度変化の概略を示す。壁体内の温度変化は、竣工後3ヶ月程経過したあたりから室内温度とほぼ同様の傾向を示している。日格差も外気温と比較して小さくなっており、次世代省エネ基準に適合した断熱材の充填が効果を發揮している。また室温と壁体内の温度変化がほぼ同じ傾向を示していることから、やはり土壁そのものの持つ断熱性能は低いことが確認できる。

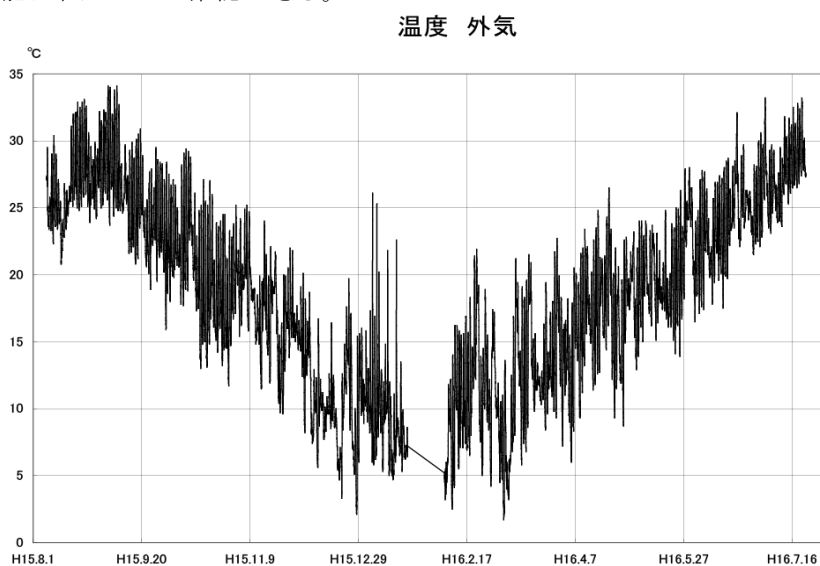


図 16.3.3 外気温の変化

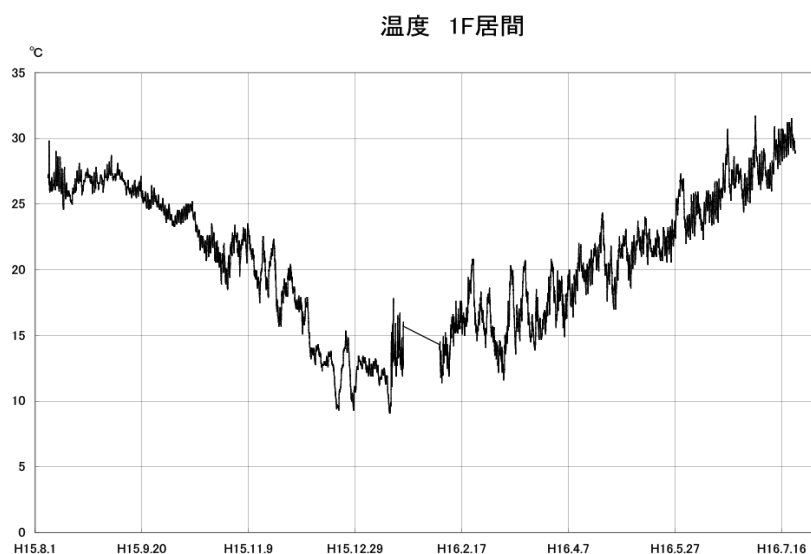


図 16.3.4 1F室内温度の変化



図 16.3.5 土壁内温度の変化

16.3.3 期間中の湿度変化

図 16.3.6～図 16.3.8に期間中の外気の湿度と室内、壁体内の湿度の変化を示す。室内の湿度データは測定開始から平成15年10月25日までは、設定の誤りによりデータが欠損しているが、以降のデータは取得されており、また壁体内の湿度データは取得できているので、この範囲での分析を行う。

室内の湿度は、全体として外気よりも湿度が低く推移している。また、壁体内については、竣工当初の約2ヶ月間は、壁体内の湿度は90%を超えている。これは竣工直後、土壁が十分に乾いていないことによる。しかしながらほぼ2ヶ月後から、外気湿度の一番高い値を下回り始め、約4ヶ月後には70%程度にまで下がっている。その後夏季でも80%を超えることはなく、また外気の湿度が

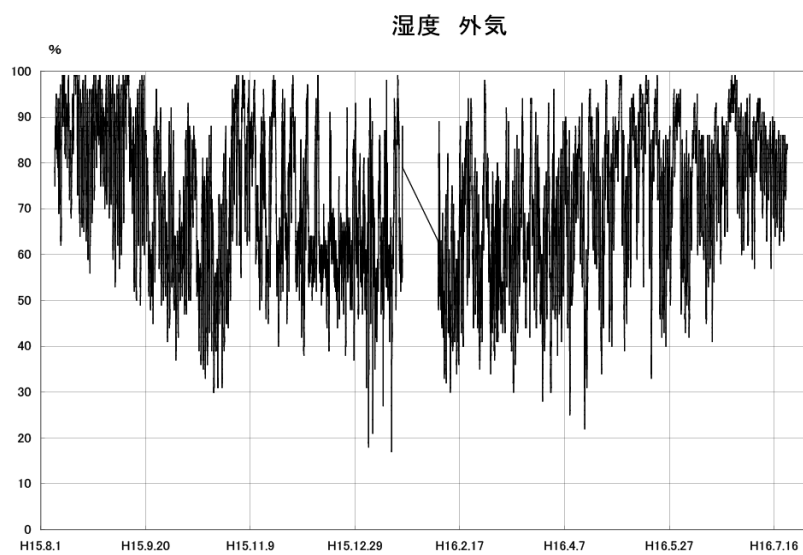


図 16.3.6 外気湿度の変化

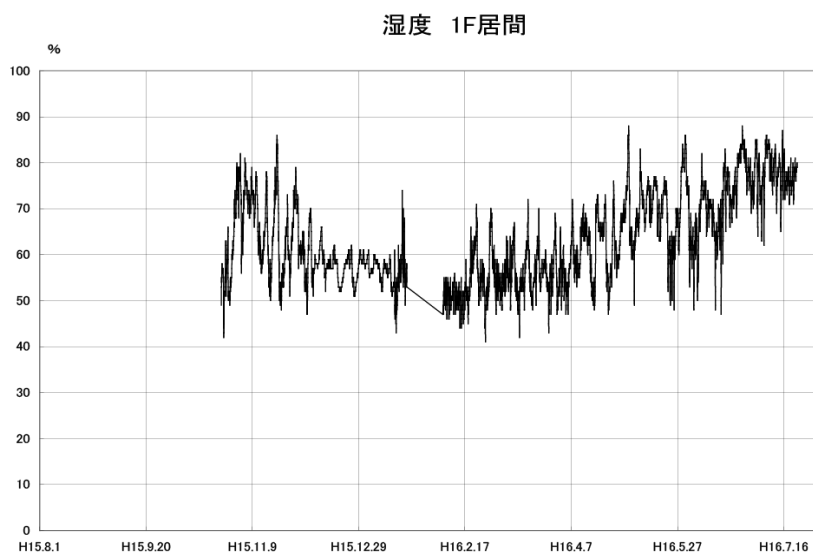


図 16.3.7 1F室内湿度の変化



図 16.3.8 土壁内湿度の変化

大きく変化してもほとんど大きな変化は見られず、外気の湿度変化の中央値付近で、ほぼ一定の湿度を保っている。この壁体内の湿度の日変化は5%程度である。これは、土壁が湿度を調整しているためと考えられる。すなわち外気や室内が乾燥した場合には、含まれている湿気を排出し、また外気や室内の湿度が高い場合には、湿気を吸うということを繰り返すため、外気の湿度の大きな変化に影響を受けない状況を作り出している。このことが、室内の湿度変化も外気の湿度変化ほど大きくないという状況を作り出していると言える。

16.3.4 考察

今回の上郷団地 A 棟の建設では、積極的な地場産材の活用を試みたが、公共事業という性格上、工期に制限があり、以下の様な点に問題があった。

- ・木材については、上五島では伐採時期に最適な時期は冬であると言われているが、3月から6月にかけて伐採した。
- ・本来ならば、木材は冬に伐採し、山で葉枯らしを行い、山から木を下ろす段階で木の葉や枝を切り落とす。その後、しばらく乾燥をさせてから製材を行うのが望ましいとされているが、今回は葉枯らしを行う期間がなかった。
- ・竹については、晩秋に伐採し、乾燥させるのがよいとされているが、春に伐採した。

上五島町は離島にあり、材木の乾燥設備がない。そのため、今回自然乾燥によったが、一部杉材に問題があったものの、含水率のチェックを怠らなければ、町内で伐採された木材の活用も可能であることがわかった。これは地場産材の活用による地域の活性化に寄与するものである。

また、このような悪条件にもかかわらず壁体内の湿度が60%から80%に押さえられているのは、今回の外張断熱外壁通気工法が壁体内の湿気を抜くことに相当な効果があることがわかった。特に、壁体内で100%近くの湿度が、竣工直後から2ヶ月程度の間にはしか見られないことから、壁体内結露は起こっていないと結論づけることができる。

さらに、土壁を入れることによって、室内の温湿度の変化を相当緩和できることが確認された。このことは、今回の工法が、人に優しいものであることが確認されたと言える。

今回の研究によって、断熱、気密のための透湿する材料を活用することによって、伝統的な土壁を持つ住宅建設においても、外壁通気工法をとることによって、その内部結露を生じさせないことが可能であることが判明した。このことと、今回の土壁の効果による温湿度の変化の緩和の実態を見ても、伝統的素材を積極的に活用することの意義と、その可能性が確認できたと考える。そして今回の結果は、冬寒いという理由で壊されてゆく伝統的住宅の断熱改修に道を開くものである。

ところで現在、耐震改修の普及の促進が図られているが、耐震改修はその効果は見えにくく、改修が進んでいないのが現状である。一方、断熱改修はすぐに暖かさが実感できるため、その効果が現れやすく、外壁補修時などの断熱改修と併せて耐震改修を行うことにより、この断熱改修が耐震改修のインセンティブになると考えられる。このことは、伝統的なすまいを守り、育てていくことに直接的につながり、ひいては我が国固有の美しい景観を守ることにつながるのである。

16.4 上郷団地の環境影響評価 (LCCO₂)

16.4.1 LCCO₂の算出方法

ここでは、上郷団地の LCCO₂ を、建築 LCA プログラム(開発主体:独立行政法人建築研究所)を用いて算出し、地球環境への負荷低減の効果を検証した。なお効果検証に当たっては、建築 LCA プログラムに事例として付属する住宅 3 種(木造住宅・S 造住宅・RC 造住宅)の算出結果の延べ床面積と上郷団地の延べ床面積との比率を求め、その比率を部材、仕上げ材に掛けた値とを比較する方法を用いた。なお、建設地、使用年数、住み方の設定、設備、廃棄に関しては同一条件とした。その上で、LCCO₂を資材製造、施工、運用、補修交換、解体廃棄の5段階に区分し、CO₂排出量を算定した。

16.4.2 プログラム算定方法

1) 部材

(1) 部材製造時

産業連関表から評価要素の原単位を得る。建物に使用される部材、仕上げ材、設備、および断熱材・窓について、これらの製造にかかわる消費エネルギー量を計算する。これに、部材の運搬にかかわる消費エネルギー量を合算して、部材にかかわる消費エネルギー量とする。この消費エネルギーから消費 CO₂量を得る。

・消費エネルギー(E)と CO₂量の計算方法

$E = \text{仕上げ材の使用量} \times \text{単位量あたりの消費エネルギー量}$

$\text{CO}_2 = \text{仕上げ材の使用量} \times \text{単位量あたりの消費 CO}_2\text{量}$

(2) 設備

推計計算式または積み上げ計算により、設備の消費エネルギーと CO₂量を求める。

(3) 断熱材・窓

断熱材、窓枠、および窓ガラスの製造にかかわる消費エネルギーと CO₂量を求める。

表 16.4.1 断熱材の種類

種類	λ (Kcal/m/h/deg)	例
A	0.045	グラスウール 10K、吹込み用グラスウール 13K、18K、吹込み用ロックウール、A 級インシュレーションボード、シーリングインシュレーションボード、高発泡ポリエチレン 65～110K
B	0.040	グラスウール 16K、ポリスチレンフォーム A 類 4 号、高発泡ポリエチレン 40～65K、T 級インシュレーションボード、シーリングインシュレーションボード、吹込み用セルローズファイバー 30K
C	0.035	グラスウール 24K、32K、吹込み用グラスウール (湿式) 35K、45K、住宅用ロックウール、ロックウール保温板、ポリスチレンフォーム A 類 1 号、2 号、3 号、押出発泡ポリスチレン B 類 1 種、高発泡ポリエチレン 40K 未満、吹込み用セルローズファイバー (湿式) 45K、55K
D	0.032	ポリスチレンフォーム A 類特号、押出発泡ポリスチレン B 類 2 種
E	0.025	押出発泡ポリスチレン B 類 3 種、硬質ウレタンフォーム

$E = \text{断熱材} \cdot \text{窓枠} \cdot \text{窓ガラスの使用量} \times \text{単位量あたりの消費エネルギー量}$

$\text{CO}_2 = \text{断熱材} \cdot \text{窓枠} \cdot \text{窓ガラスの使用量} \times \text{単位}$

位置あたりの消費 CO_2 量

断熱材の単位量あたりの消費エネルギーと CO_2 量は、以下に示した値をプログラム中で固定し利用する。

(4) 部材の輸送

建設時の部材の運搬にかかわる消費エネルギー量を求め、消費 CO_2 量を算出する。

$E = \Sigma (\text{部材重量} \times \text{トラックの輸送原単位} \times \text{輸送距離 (km)})$ (Σ : トラックの種類毎に算出し合算)

$\text{CO}_2 = \text{消費エネルギー量} E \times 0.4 \text{ (kg-C/Mcal)}$

表 16.4.2 プログラム内断熱材の消費エネルギーと消費 CO_2

断熱材の種類	製造時消費エネルギー (Mcal/?)	製造時消費 CO_2 (kg-C/?)
A	599.452	51.98
B	343.834	29.96
C	430.153	41.23
D	258.502	20.19
E	260.223	24.52

2) 施工時

建物に採用する構・工法に応じて、建物の用途別に消費エネルギー量を求める。これに建設作業に従事する労働者の移動にかかわる消費エネルギー量を合算して、施工にかかわる消費エネルギー量を合算して、施工にかかわる消費エネルギー量とする。この消費エネルギーから消費 CO_2 量を得る。

$E = \text{延べ床面積 (m}^2\text{)} \times \text{構・工法ごとの単位面積 (m}^2\text{) あたりの消費エネルギー量}$

$\text{CO}_2 = \text{消費エネルギー量} E \times 0.4 \text{ (kg-C/Mcal)}$

労働力の移動にかかわる消費エネルギー量
 $= (\text{総人工数 (人/m}^2\text{)} \times \text{往復移動距離 (km)} \times \text{ガソリンの発熱量 (Mcal/リットル)}) / (\text{一台あたりの平均乗車人数 (人)} \times \text{車の燃費 (km/リットル)})$

3) 使用時

建物の使用時のエネルギー消費量を求める。年毎に以下の項目の消費エネルギーを計算する。

- ・暖房エネルギー
- ・冷房エネルギー
- ・調理用エネルギー
- ・給湯エネルギー
- ・照明電力

これらを合算して、住宅使用時の消費エネルギーとする。この消費エネルギーから消費 CO_2 量を得る。

建築地点のデグリーデイ、年平均外気温、および太陽輻射のデータを使用して、以下の各項を計算する。これらの地点データは、プログラム内に登録されている値を使用する。

- ・暖房エネルギーは建物の断熱性能と建設地点の設定により変化する。
- ・冷房エネルギーは建設地の設定により変化する。
- ・給湯エネルギーは建設地の設定により変化する。

4) 改修

建物の各々の機器（仕上げ材、設備）の寿命年がくると、自動的に改修・交換が発生する。これらの材料の製造にかかわる消費エネルギーを、改修・交換にかかわる消費エネルギーとする。この消費エネルギー量から、消費 CO₂量を得る。

各々の機器の寿命年は、プログラム内の原単位の値を用いる。

- ・E = 仕上げ材の使用量 × 単位あたりの消費エネルギー量
- ・CO₂ = 仕上げ材の使用量 × 単位あたりの消費 CO₂量
- ・E = 設備の使用量 × 単位あたりの消費エネルギー量
- ・CO₂ = 設備の使用量 × 単位あたりの消費 CO₂量

5) 廃棄

建物は、寿命のN年が来たら解体・廃棄されるものとし、解体時に構・工法に応じて発生する解体材料の量を、木屑、鉄屑、アルミ屑、コンクリートガラ、および粗大ごみについて計算する。

解体機械の消費エネルギー量、解体に従事する労働者の移動にかかわる消費エネルギー量、および解体材料の運搬にかかわる消費エネルギー量を合算して、解体・廃棄にかかわる消費エネルギー量とする。この消費エネルギーから、消費 CO₂量を得る。

A： 解体機械の消費エネルギー量は、解体機械の駆動時間と燃費から、解体作業の消費エネルギー量を算出する。

E = 延べ床面積 (m²) × 構・工法ごとの単位面積 (m²) あたりの解体作業の消費エネルギー量

B： 解体に従事する労働者の移動にかかわる消費エネルギー量は、労働者の移動に伴う車両の消費エネルギーを算出する。

E = 延べ床面積 (m²) × 構・工法ごとの単位面

積 (m²) あたりの「労働者の移動」原単位

C： 解体材料の運搬に関わる消費エネルギー量は、排出する材料を運搬するトラックの輸送原単位、輸送距離、車両台数から、解体材料の運搬に関わる消費エネルギー量を算出する。

E = Σ (トラック台数 × トラックの輸送原単位 × 輸送距離 (km))

A～Cのエネルギー消費量をもとに、解体・廃棄に関わる消費エネルギー量を算出する。このエネルギー量から消費 CO₂量を算出する。

E = (A+B+C) × 構・工法ごとの地上階数に応じた係数 × 省エネ工法による軽減係数

CO₂ = 消費 E エネルギー量 × 0.4 (kg-C/Mcal)

ただし、廃棄に関しては、上郷団地の解体・廃棄の詳しいデータがえられていないため、モデル木造住宅で設定されている物と同様の値を使用する。

16. 4. 3 LCCO₂の比較検討

以下に LCCO₂の算出結果を示す。

地場産材を使用した上郷団地を1.0とすると、モデル木造住宅は1.006倍、モデル鉄骨造住宅は1.135倍、モデル鉄筋コンクリート造住宅は1.343倍のCO₂を排出している。

上郷団地をモデル木造住宅と比較すると、部材自体と使用時ではCO₂排出量が小さいが、改修時にかなり多くなっている。その為LCCO₂ではさほど差が生じない。

地場産材を使用することによるメリットとして、木材の輸送距離が短い事によるCO₂排出量の削減が挙げられる。表17.4.4を見ると、部材輸送は木造、鉄骨造と比較し1/3倍、鉄筋コンクリート造と比較し1/12倍に抑えられている。しかし、部材輸送によるCO₂排出量がきわめて小さい為、その効果をみる事が出来ない。

部材合計では上郷団地が最も低く、木造住宅の90.0%、S造住宅の74.7%、RC造住宅の46.6%となっており、仕上げ材を中心に新材を極力使用しなかった効果が現れているといえることができる。

表 16.4.3 構造別LCCO₂

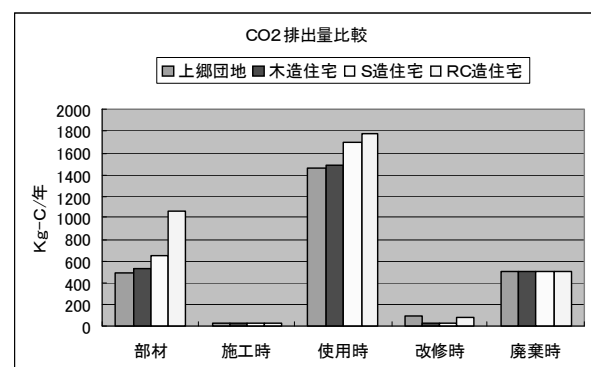
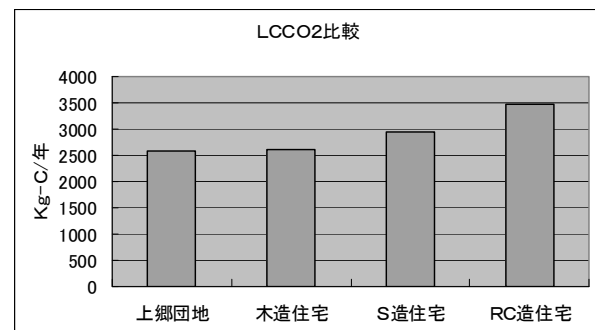
ケース名	上郷団地	木造住宅	S造住宅	RC造住宅
部材	491	537	663	1062
施行時	34	34	34	34
使用時	1452	1484	1693	1778
改修時	96	38	36	91
廃棄時	513	513	513	513
合計	2586	2606	2939	3479

表 16.4.4 構造別LCCO₂ (詳細)

部材合計	495	552	663	1062
新規材	185	189	316	548
再利用材		8	37	106
仕上げ新規材	220	246	236	246
仕上再利用材				
設備用部材	31	31	31	31
住宅用窓・断熱材	59	72	43	43
部材輸送	2	6	6	28
施行時合計	34	34	34	34
使用時合計	1452	1484	1693	1778
住宅用暖房	49	81	290	376
住宅用冷房	10	10	10	10
住宅用調理	84	84	84	84
住宅用給湯	580	580	580	580
住宅用証明電力	727	727	727	727
改修時合計	96	38	36	91
改修仕上げ新規材	96	38	36	91
改修仕上げ再利用材				
廃棄時合計	513	513	513	513
全合計	2586	2605	2939	3479
(比較)倍	1.0	1.007	1.137	1.345

であるためである。アスファルト防水を施した分で、+58C-kgのCO₂が発生する。これは上郷団地の改修時のCO₂排出量の60%にもものぼる率を占めてしまっている。このアスファルト防水をやめると、改修時のCO₂排出量をモデル木造住宅と同じ38C-Kgに抑えることができる。

また、上郷団地はべた基礎を採用したことなどにより、木造住宅よりコンクリート使用量が多い。

図 16.4.1 構造別・段階別CO₂排出量図 16.4.2 構造別LCCO₂

表に見られるように、使用時のCO₂排出量が多い。したがって使用時の省エネが温暖化に効果的なことが伺える。今回の基礎断熱、外断熱工法の効果が期待できる。

尚、改修時に上郷団地の値が大きくなっているのは、屋根の仕上げ材にモデル住宅では使用されていないアスファルト防水を施し

その差は 20Kg で、それによって上郷団地の部材の CO₂ 排出量が +28C-Kg も増えている。

上郷団地の屋根の仕上げ材にアスファルト防水の使用をやめ、コンクリート量をモデル木造住宅と同様にすれば、LCCO₂ は合計 2504C-Kg に抑えることができる。このことを考慮すると地場産材使用による効果は計算によって求められた値よりも大きく、この場合上郷団地を 1.0 とすると、モデル木造住宅は 1.040 倍、モデル鉄骨造住宅は 1.174 倍、モデル鉄筋コンクリート造住宅は、1.389 倍の CO₂ を排出している。

16.5 上郷団地建設による地域経済への波及効果の評価

16.5.1 波及効果の算出方法

上郷団地では地元の木材を伐採し、主要構造材として活用するなど、地場産の材料を使ながら自然素材を多用し、かつ地元の人材の活用を図るための設計を行った。ここでは、この手法による地域経済への波及効果を算出する。

算出にあたっては、比較のために上郷団地 A 棟と同じプランで、壁や基礎等の断熱や、内装の仕上げなどを長崎県で建設される一般的な公営住宅の仕様(以下一般仕様という)に合わせたものを設計した。この変更点を表 16.5.1に示す。

その上で上郷団地 A 棟の積算データと、この一般仕様の積算データとを比較し、地域経済への波及効果を検討する。

16.5.2 積算の方法

上郷団地の積算データは、設計時の積算結果を用いた。一般仕様のものは新しくつくった設計図書に基づき、上郷団地と同じ基準(長崎県単価)で積算を行った。

次にこの積算結果を、地域内で直接支払われる金額と、地域外から持ち込まれたものに対して支払われる金額とに分けた。

地域外から持ち込まれるものは、例えばサッシや電気・設備機器等である。これらは多くは請負業者が地域内、今回では上五島町内で調達することが多く、正確にはこれらの一部も地域内で支払われる金額に加算されるべきであるが、実際にどれだけ地域内に支払われるか明確なデータがないため、今回はこれらの金額も地域外に含むものとした。この工事別の結果を表 16.5.2、及び表 16.5.3に示す。また、主体工事別の積算結果の比較表を表 16.5.4に示す。

16.5.3 波及効果

今回の仕様の変更は、建築主体工事のみである。従って電気設備工事、給排水設備工事、外構工事は同じ金額である。

この結果を見ると地域内へ支払われる金額は、上郷団地の方が一般仕様より 330 万円ほど増えている。地域外へ支払われる金額も 70 万円ほど増えている。また地域内へ払われる金額の割合も 60.1%から 62.7%へと 2.6%増えている。

このように地域経済への波及効果が現れているが、これらは主に木工事、左官工事、木製建具・木製家具工事、塗装工事、内外装工事でその差が大きい。これは地元の木材を使ったこと、木、土

など内外装も含め自然素材を多用したこと、さらにこれに伴って地元の人工が増加したためである。建築主体工事のみで比較すると地域内へ支払われる金額が上郷団地では 65%、一般仕様では 62%で 3%増加している。

全体の金額も一般仕様より 400 万円ほど増加しているが、これは上郷団地が次世代省エネルギー基準であり、一般仕様が新省エネルギー基準であることもその一因となっている。

以上を総括すると、今回の上郷団地の建設は一般的な木造公営住宅に比べると地域への波及効果はかなり高いということがいえる。

表 16.5.1 上郷団地一般仕様への変更点

<上郷団地>			<一般仕様>		
主な仕上			主な仕上		
1階壁		必要な理由	1階壁		
土塗壁の上、珪藻土壁塗	小舞下地 厚50 下塗、中塗 中塗土下地の上、 ラスター塗厚19、 珪藻土：ヤブ原『ケーソーライム』 標準仕上同等品	外壁下地に土塗壁を採用することで蓄熱効果・調湿効果を期待 通気性の高い仕上材土塗壁＋珪藻土の組み合わせで壁体内通気を行うため	木胴縁組に プラスターボード [＊] 下地の上、 ビニルクロス貼	米 母 1 等 35×45 突付 継目 処理共 厚 12.5 通気タイプ [＊]	
プラスターボード [＊] 下地の上、 珪藻土壁	プラスターボード [＊] 下地の上、珪藻土塗厚2 珪藻土：ヤブ原『ケーソーライム』 標準仕上同等品	調湿性の高い仕上材によって室内の良好な空気環境を保つため			
土塗壁の上、 腰壁 杉小巾 板貼 プラスターボード [＊] 下地の上、 腰壁 杉小巾 板貼	杉板 厚12 本実継 巾 120程度 杉板 厚12 本実継 巾 120程度				
2階壁		必要な理由	2階壁		
土塗壁の上、 天然和紙塗り壁	小舞下地 厚50 下塗、中塗 中塗土下地の上、 ラスター塗厚19.5、 天然和紙塗 厚1.5 天然和紙塗り壁：ススランコーポレーション 『レーベン』吹付仕上同等品	外壁下地に土塗壁を採用することで蓄熱効果・調湿効果を期待 通気性の高い仕上材土塗壁＋天然和紙塗壁の組み合わせで壁体内通気を行うため	木胴縁組に プラスターボード [＊] 下地の上、 ビニルクロス貼	米 母 1 等 35×45 突付 継目 処理共 厚 12.5 通気タイプ [＊]	
プラスターボード [＊] 下地の上、 天然和紙塗り壁	プラスターボード [＊] 下地の上、天然和紙塗 厚1.5 天然和紙塗り壁：ススランコーポレーション 『レーベン』吹付仕上同等品	調湿性の高い仕上材によって室内の良好な空気環境を保つため			

表 16.5.1 上郷団地一般仕様への変更点(続き)

<上郷団地>			<一般仕様>		
主な仕上			主な仕上		
1階天井		必要な理由	1階天井		
天井 杉小巾 板貼	杉板 厚12 本実継 巾120程度		フラスターボード下地 の上、 ビニルクロス貼	突付 継目処 理共 厚12.5 通気タイプ	
2階天井		必要な理由	2階天井		
天井 杉小巾 板貼	杉板 厚12 本実継 巾120程度		フラスターボード下地 の上、 ビニルクロス貼	突付 継目処 理共 厚12.5 通気タイプ	
1階床		必要な理由	1階床		
床 桧縁甲板 貼	厚12 本実継 巾 60～120		床 複合スローリン グ	厚12 塗装品	
2階床		必要な理由	2階床		
床 杉縁甲板 貼	厚18 本実継 巾 60～120		床 複合スローリン グ	厚12 塗装品	
外壁下地		必要な理由	外壁下地		
外壁 軟質繊維板張	厚12 大建工業: 高耐カシーシング ボード・スーパード 同等品以上	外断熱工法における 面剛性の高い構造 材かつ調湿性のある 下地材が必要なため	外壁 構造用合板 張	厚12 T1 FC0 タイプ	
外壁		必要な理由	外壁		
外壁 杉板	縦羽目板貼 杉板 厚18 巾160 本実継		外壁 サイディング 貼	厚12 塗装品	

表 16.5.1 上郷団地一般仕様への変更点 (続き)

<上郷団地>		
主な仕上		
1階壁		必要な理由
土塗壁の上、 珪藻土壁塗	小舞下地 厚50 下塗、中塗 中塗土下地の上、 ﾌﾟﾗｽﾀｰ塗厚19、 珪藻土:ヤブ原『ケーソーライム』 標準仕上同等品	外壁下地に土塗壁を採用することで蓄熱効果・調湿効果を期待 通気性の高い仕上材土塗壁＋珪藻土の組み合わせで壁体内通気を行うため
ﾌﾟﾗｽﾀｰﾎｰﾄﾞ下地の上、 珪藻土壁	ﾌﾟﾗｽﾀｰﾎｰﾄﾞ下地の上、珪藻土塗厚2 珪藻土:ヤブ原『ケーソーライム』 標準仕上同等品	調湿性の高い仕上材によって室内の良好な空気環境を保つため
土塗壁の上、 腰壁 杉小巾板貼 ﾌﾟﾗｽﾀｰﾎｰﾄﾞ下地の上、 腰壁 杉小巾板貼	杉板 厚12 本実継巾120程度 杉板 厚12 本実継巾120程度	
2階壁		必要な理由
土塗壁の上、 天然和紙塗り壁	小舞下地 厚50 下塗、中塗 中塗土下地の上、 ﾌﾟﾗｽﾀｰ塗厚19.5、 天然和紙塗 厚1.5 天然和紙塗り壁:ｽﾌﾟﾗﾝｺｰﾎﾟﾚｰｼｮﾝ『レーベン』吹付仕上同等品	外壁下地に土塗壁を採用することで蓄熱効果・調湿効果を期待 通気性の高い仕上材土塗壁＋天然和紙塗壁の組み合わせで壁体内通気を行うため
ﾌﾟﾗｽﾀｰﾎｰﾄﾞ下地の上、 天然和紙塗り壁	ﾌﾟﾗｽﾀｰﾎｰﾄﾞ下地の上、 天然和紙塗 厚1.5 天然和紙塗り壁:ｽﾌﾟﾗﾝｺｰﾎﾟﾚｰｼｮﾝ『レーベン』吹付仕上同等品	調湿性の高い仕上材によって室内の良好な空気環境を保つため

<一般仕様>	
主な仕上	
1階壁	
木胴縁組に ﾌﾟﾗｽﾀｰﾎｰﾄﾞ下地の上、 ビニルクロス貼	米母1等 35×45 突付 継目処理 共 厚12.5 通気タイプ°
2階壁	
木胴縁組に ﾌﾟﾗｽﾀｰﾎｰﾄﾞ下地の上、 ビニルクロス貼	米母1等 35×45 突付 継目処理 共 厚12.5 通気タイプ°

表 16.5.1 上郷団地一般仕様への変更点(続き)

<上郷団地>		
木製建具・木製家具		必要な理由
WW-1 木製換気小窓	W820×H180	外断熱工法の基礎断熱により、床下と室内との空気を建物全体で循環させるため
WW-2 木製換気小窓	W820×H180	
WW-3 木製換気小窓	W1,290×H180 × 2組	
WW-4 木製換気小窓	W820×H220	
CG-1 床下換気スリット	W1,760×D180	外断熱工法の基礎断熱により、床下と室内との空気を建物全体で循環させるため
CG-2 床下換気スリット	W895×D180	
CG-3 床下換気スリット	W1,500×D180	
CG-4 床下換気スリット	W1,200×D180	

<一般仕様>	
木製建具・木製家具	
なし	

ガラス(金属製建具用)		必要な理由
複層ガラス	特 寸 2.0m2 以下 FL3+A6+FL3 ガスケット共	外断熱工法における気密性を確保するため
複層ガラス	特 寸 2.0m2 以下 FL5+A6+FL3 ガスケット共	
複層ガラス	特 寸 2.0m2 以下 FL3+A6+型板4 ガスケット共	
複層ガラス	特 寸 2.0m2 以下 FL5+A6+型板4 ガスケット共	
複層ガラス	特 寸 2.0m2 以下 FL5+A6+FL5 ガスケット共	
(木製建具用) 複層ガラス	特 寸 2.0m2 以下 FL3+A6+スリ3 シーリング共	

ガラス(金属製建具用)	
フロートガラス	定寸2.22m2以下 厚3 ガスケット共
フロートガラス	特寸2.18m2以下 厚5 ガスケット共
型板ガラス	特寸2.18m2以下 厚4 ガスケット共
型板ガラス	特寸2.18m2以下 厚6 ガスケット共
フロートガラス	特寸2.18m2以下 厚5 ガスケット共
(木製建具用) スリガラス	厚3

表 16.5.1 上郷団地一般仕様への変更点（続き）

<上郷団地>			<一般仕様>		
断熱材(断熱基準は次世代省エネルギー基準)		必要な理由	断熱材(断熱基準は新省エネルギー基準)		
(外 部) 断熱材基礎打込(外断熱)	押出発泡ポリスチレンフォームB類3種 t=50 ノンフロンタイプ	断熱基準は次世代省エネルギー基準を採用するため	(内 部) 床下 ポリスチレンフォーム	B類3種 厚50	
外壁 断熱材貼(外断熱)	高性能グラスウール32KHG t=60(通気工法) 透湿防水シート付 樹脂スプレーサー・断熱ビス共		(内断熱)		
屋根 断熱材貼(外断熱)	押出発泡ポリスチレンフォームB類3種 t=50(通気工法) ノンフロンタイプ°		外壁側 グラスウール充填	アルミ箔付(耳付き) 10 K 厚75	
屋根 断熱材貼(外断熱)	押出発泡ポリスチレンフォームB類3種 t=75(垂木間) ノンフロンタイプ°		(内断熱)		
			天井 グラスウール敷	アルミ箔付 10 K 厚100	
			(内断熱)		
仕上ユニット			仕上ユニット		
(外 部) サッシ廻り気密シール	ブチルゴム系	外断熱工法における気密性を確保するため 外断熱工法における換気を確保するため	(外 部) 基礎床下換気用	糸 幅 50 SUS304 #25	
貫通用スリーブ			ステンレス防虫ネット貼		
壁付自動開閉換気口	樹脂製形状記憶合金付 393×158 佐原商事 オートカンキー同等品				

表 16.5.2 上郷団地積算結果

名称	金額	地域内	地域外
Ⅰ. 建築主体工事			
1 直接仮設工事	¥609,320	¥609,320	¥0
2 土工事	¥325,070	¥325,070	¥0
3 コンクリート工事	¥1,158,565	¥195,100	¥963,465
4 型枠工事	¥538,590	¥538,590	¥0
5 鉄筋工事	¥317,615	¥188,894	¥128,721
6 木工事	¥11,550,484	¥9,603,105	¥1,947,379
7 屋根工事	¥1,856,690	¥877,790	¥978,900
8 金属工事	¥1,422,228	¥934,764	¥487,464
9 左官工事	¥2,037,207	¥2,037,207	¥0
10 木製建具・木製家具工事	¥1,483,800	¥1,483,800	¥0
11 金属製建具工事	¥1,372,800	¥128,000	¥1,244,800
12 ガラス工事	¥598,953	¥355,720	¥243,233
13 塗装工事	¥1,051,900	¥612,636	¥439,264
14 内外装工事	¥1,985,804	¥107,984	¥1,877,820
15 仕上ユニット工事	¥1,502,120	¥106,860	¥1,395,260
Ⅱ. 電気設備工事			
1. 幹線設備工事	¥107,780	¥44,040	¥63,740
2. 各戸電灯コンセント設備工事	¥556,460	¥348,280	¥208,180
3. 照明器具及取付工事	¥193,360	¥63,320	¥130,040
4. 電話配管設備工事	¥40,580	¥29,380	¥11,200
5. テレビ共同受信設備工事	¥99,690	¥63,750	¥35,940
6. インターホン設備工事	¥92,520	¥37,940	¥54,580
7. 構内配電線路設備工事	¥920,190	¥268,450	¥651,740
Ⅲ. 給排水設備工事			
1. 衛生器具設備工事	¥418,460	¥101,900	¥316,560
2. 給水設備工事	¥423,680	¥297,660	¥126,020
3. 排水設備工事	¥656,820	¥604,020	¥52,800
4. 給湯設備工事	¥570,140	¥158,540	¥411,600
5. プロパンガス設備工事	¥128,680	¥86,640	¥42,040
6. 換気設備工事	¥308,580	¥105,220	¥203,360
Ⅳ. 外構工事			
(1) 舗装・縁石工事	¥1,278,329	¥1,052,489	¥225,840
(2) 場内雨水排水工事	¥425,598	¥218,418	¥207,180
(3) 施設・その他工事	¥683,100	¥175,000	¥508,100
(4) 植栽工事	¥209,420	¥93,720	¥115,700
(5) 解体撤去工事	¥122,301	¥122,301	¥0

表 16.5.3 一般仕様積算結果

名称	金額	地域内	地域外
Ⅰ. 建築主体工事			
1 直接仮設工事	¥609,320	¥609,320	¥0
2 土工事	¥325,070	¥325,070	¥0
3 コンクリート工事	¥1,158,565	¥195,100	¥963,465
4 型枠工事	¥465,990	¥465,990	¥0
5 鉄筋工事	¥317,615	¥188,894	¥128,721
6 木工事	¥10,105,489	¥8,298,680	¥1,806,809
7 屋根工事	¥1,856,690	¥877,790	¥978,900
8 金属工事	¥1,548,427	¥980,351	¥568,076
9 左官工事	¥202,490	¥202,490	¥0
10 木製建具・木製家具工事	¥1,252,200	¥1,252,200	¥0
11 金属製建具工事	¥1,372,800	¥128,000	¥1,244,800
12 ガラス工事	¥143,251	¥90,830	¥52,421
13 塗装工事	¥502,254	¥330,432	¥171,822
14 内外装工事	¥2,452,050	¥735,996	¥1,716,054
15 仕上ユニット工事	¥1,482,240	¥96,800	¥1,385,440
Ⅱ. 電気設備工事			
1. 幹線設備工事	¥107,780	¥44,040	¥63,740
2. 各戸電灯コンセント設備工事	¥556,460	¥348,280	¥208,180
3. 照明器具及取付工事	¥193,360	¥63,320	¥130,040
4. 電話配管設備工事	¥40,580	¥29,380	¥11,200
5. テレビ共同受信設備工事	¥99,690	¥63,750	¥35,940
6. インターホン設備工事	¥92,520	¥37,940	¥54,580
7. 構内配電線路設備工事	¥920,190	¥268,450	¥651,740
Ⅲ. 給排水設備工事			
1. 衛生器具設備工事	¥418,460	¥101,900	¥316,560
2. 給水設備工事	¥423,680	¥297,660	¥126,020
3. 排水設備工事	¥656,820	¥604,020	¥52,800
4. 給湯設備工事	¥570,140	¥158,540	¥411,600
5. プロパンガス設備工事	¥128,680	¥86,640	¥42,040
6. 換気設備工事	¥308,580	¥105,220	¥203,360
Ⅳ. 外構工事			
(1) 舗装・縁石工事	¥1,278,329	¥1,052,489	¥225,840
(2) 場内雨水排水工事	¥425,598	¥218,418	¥207,180
(3) 施設・その他工事	¥683,100	¥175,000	¥508,100
(4) 植栽工事	¥209,420	¥93,720	¥115,700
(5) 解体撤去工事	¥122,301	¥122,301	¥0

表 16.5.4 積算の比較

上郷団地

名称	金額	地域内	地域外
I. 建築主体工事	¥27,811,146	¥18,104,840	¥9,706,306
II. 電気設備工事	¥2,010,580	¥855,160	¥1,155,420
III. 給排水設備工事	¥2,506,360	¥1,353,980	¥1,152,380
IV. 外構工事	¥2,718,748	¥1,661,928	¥1,056,820
合計	¥35,046,834	¥21,975,908	¥13,070,926
%		62.7%	37.3%

一般仕様

名称	金額	地域内	地域外
I. 建築主体工事	¥23,794,451	¥14,777,943	¥9,016,508
II. 電気設備工事	¥2,010,580	¥855,160	¥1,155,420
III. 給排水設備工事	¥2,506,360	¥1,353,980	¥1,152,380
IV. 外構工事	¥2,718,748	¥1,661,928	¥1,056,820
合計	¥31,030,139	¥18,649,011	¥12,381,128
%		60.1%	39.9%

16.6 透水性舗装によるヒートアイランド負荷低減技術の開発

16.6.1 研究の背景と目的

ヒートアイランド現象は、都市における緑地の不足や、建造物のコンクリート化により都市内温度が上昇し、熱環境が悪化する現象である。これらの現象は、単に都市の温度上昇にとどまらず、過度の冷房電力使用による二酸化炭素の増加や、都市の温度上昇に伴う、熱中症等、地球環境や人体等への影響が懸念されている。現在、その対策としては、透水・保水性舗装を利用した水循環による温度低減技術が注目されている。しかし、これら透水・保水性技術は、その機能の持続に課題があり、空隙の目詰まりにより、短期間において機能が低下すると言われる。¹⁾ 当研究においては、透水・保水性舗装の目詰まりによる機能低下の構造を解明すると共に、その効果を持続可能とするための技術の開発を行う。また、機能の延命化に伴う、都市の熱収支や、ライフサイクル及びコストを含めた総合評価手法の検討を行うものである。

16.6.2 研究計画

全体の研究計画を図 16.6.1に示す。

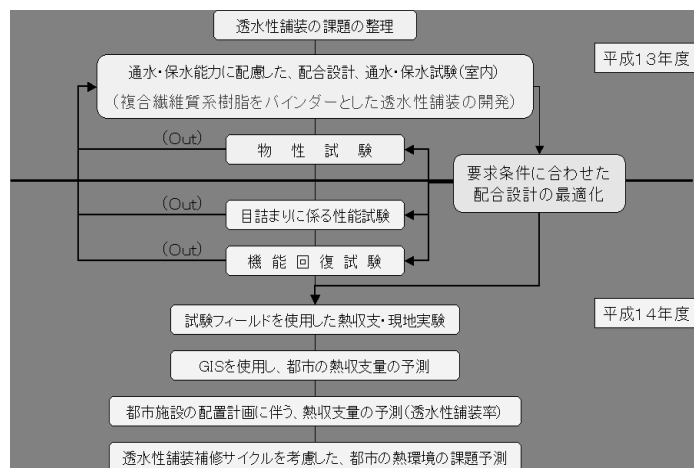


図 16.6.1 研究計画

16.6.3 透水性舗装における課題

透水機能については、その機能の持続性に問題が残る。既往研究においては、アスファルト系

の透水性舗装について、沿道の塵埃や土砂の影響により空隙詰まりが発生し、供用後3年程度で透水性の基準を下回った。また、約6年経過で、当初の1/3程度まで能力が低下する等の報告されている。¹⁾都市の持続可能な熱環境を確立するためには、透水・保水機能の持続と、その時間的なサイクルを考慮した上での、施設配置が必要不可欠な課題である。

16.6.4 ヒートアイランド対策の最適化にかかる課題

現在採用されているヒートアイランド抑制対策は、透水・保水性舗装や、公園緑化、屋上緑化、水面の回復等の技術がある。これら技術については、各々課題があり、初期コストの高いものや、寿命が短く補修サイクルが早い物等、どの施設をどの程度整備すれば、その投資と効果が最大限に発揮されるか、その評価手法については、いまだ確立されていない。

また、これらの効果には時間的なサイクルが存在しており、安定した熱環境を確立するためには、効果の持続や、建設コスト、環境的効果に対する総合的な評価手法を確立した上で、対応することが必要とされる。

16.6.5 既存透水性舗装に関する調査

近年、歩道舗装、外構舗装および車道舗装に適用されることが多くなっている透水性舗装は、目詰まりや凍結の問題が指摘されている。ここでは、既存の透水性舗装の問題点、改善方法等を検討するための基礎資料の収集を目的として、既設の透水性舗装の物性を明らかにするための調査を行った。

調査の対象とした既存透水性舗装は、国道4号線：宮城県柴田郡柴田町東船迫2丁目付近の歩道に用いられているものであり、供用開始後約11年を経過している。試験体採取場所付近の状況を、図16.6.2に示す。



図 16.6.2 試験体採取場所付近の状況

調査項目を表16.6.1に示す。測定に供した試験体は、当該歩道より、50cm×50cm程度を採取し、それぞれの試験に合わせて調整した。

なお、施工当初の針入度は66(1/10mm)、軟化点は51(℃)であった。また、透水性舗装として敷設されていることから、透水係数は、 $1.0 \times 10^{-2} \text{cm/sec}$ 以上確保されている必要がある。通常、透水性舗装の透水係数は、 $5.0 \times \sim 1.0 \times 10^{-2} \text{cm/sec}$ 程度である。

表 16.6.1 調査項目

項 目	試 験 項 目	試 験 方 法	数 量
アスファルト物性試験	針入度試験	JIS K 2207	各3体
	軟化点試験	JIS K 2207	〃
物理的性質試験	アスファルトの抽出試験	ソックスレー法	〃
	最大比重試験	舗装試験法便覧	〃
	アスファルトの回収試験	舗装試験法便覧	〃
	骨材の洗い試験	舗装廃材再生利用技術指針(案)	〃
	密度試験	ノギス法	〃
透水性能試験	透水試験	定水位	〃

16.6.6 調査結果

既存透水性アスファルト混合物から回収したアスファルトの物性試験結果を表 17.6.2 に示す。

施工後、約 11 年間で施工時の針入度は 66 から 4 まで低下し、軟化点は 51℃から 81.2℃まで上昇し、アスファルトの劣化はかなり進行している。表層部分のアスファルトの劣化は、透水性舗装で表層部分の凹凸も大きいことから、雨水および日射の影響が大きく作用していることなども劣化を進めた一因と考えられる。

表 16.6.2 アスファルト物性試験結果

項目	試料番号			
	1	2	3	平均
針入度 (1/10mm)	4	4	4	4
軟化点(℃)	81.0	81.2	81.4	81.2

既存透水性アスファルト混合物の物理的性質の試験結果を表 16.6.3に示す。また、図 16.6.3 に施工時と 11 年経過時の粒度分布(透過百分率)の比較を示す。

表 16.6.3 既存透水性アスファルト混合物の物理的性質の試験結果

項目	試料番号				施工時データ
	1	2	3	平均	
密度 g/cm ³	2.195	2.064	2.052	2.104	2.170
最大比重 g/cm ³	2.478	2.484	2.469	2.477	—
洗い損失量 %	0.9	1.2	1.1	1.1	—
アスファルト量 %	4.1	4.3	4.2	4.2	4.2

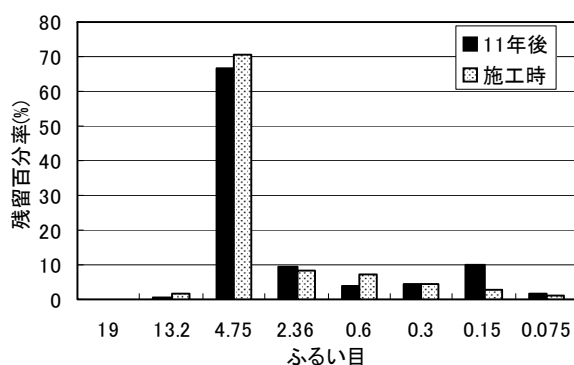


図 16.6.3 施工時と11年後の粒度分布の比較

既存透水性アスファルト混合物のコア密度は、採取場所により変動があるものの、施工時からの経時変化は小さいものと考えられる。粒度分布は、既存透水性アスファルト混合物においては、13.2mm、4.75mm、0.6mm の比較的大きいふるい目の残留率が少なく、0.15mm ふるいの残留率が高い。これは、目詰まりの原因と思われる塵芥、泥などが、0.15mm～0.3mm 程度の大きさであることを示し、目詰まりの改善のためには、この大きさの泥などの進入を防ぐことがポイントになると思われる。

既存アスファルト混合物の透水試験の結果を表 16.6.4に示す。また、目詰まり状況の確認のため、供試体断面の写真を図 16.6.4に示す。

表 16.6.4 透水試験結果

項 目	試料番号			
	1	2	3	平均
透水係数($\times 10^{-3}$ cm/sec)	2.04	2.16	1.04	1.75

目詰まりの状況として、表面から 1cm 程度は全面に細かな砂が詰まっており、一部は表面から 2cm 程度まで詰まっていることが観察された。

このような目詰まりのため、透水係数は、 1.75×10^{-3} cm/sec とかなり低下している。透水性舗装の規格値が 1.0×10^{-2} cm/sec 以上であることから、目詰まりによって、ほとんど透水性を有していない状況にあることが分かる。

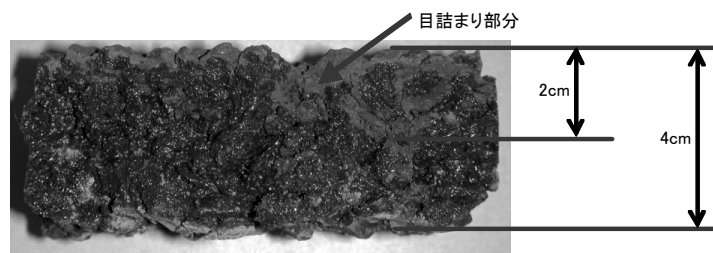


図 16.6.4 目詰まり状況

16.6.7 複合繊維樹脂舗装の透水機能のメカニズム

目詰まりを抑制した上で、透水・保水機能を確保するために、空隙を微小としながら透水機能を確保する構造とする。

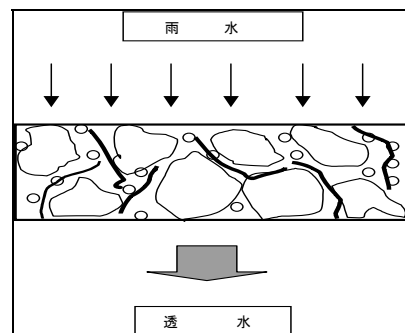


図 16.6.5 透水イメージ図

当舗装については、塵埃の進入を防ぐため、樹脂系接着剤に繊維(ロックウール)を混入させ、

透水機能を空隙で確保する他に、繊維の超微細毛細化現象を利用して透水機能の確保を図る。構造としては、図 16.6.5に示す。

16.6.8 製造方法

今回使用した樹脂系接着剤の基本成分を以下に示す。基本性能として、従来型は、ビスフェノールA型(環境ホルモン物質)が採用されていたのに対し、環境対応型としてビスフェノールF型を採用し、環境に対応型材料を使用する。

16.6.9 複合繊維舗装と特色

複合繊維質樹脂舗装の特色を施工実績等に基づき以下の通り整理する。

- ・繊維により透水機能を補完しているため、骨材粒が可變的に選定でき、地場産材料等の採用が容易である。
- ・繊維混入のため、骨材間の拘束力が強い。
- ・大粒径(玉石)における施工も可能。

16.6.10 施工実績

施工実績を以下の図 16.6.6～図 16.6.7に示す。



図 16.6.6 福島県三春町 (自然石：玉石)



図 16.6.7 沖縄新都心 (白サンゴ)

表 16.6.5 樹脂系接着剤成分一覧表

基 材	従 来 型	環境対応型	適 用
樹脂	ビスフェノールA型エポキシ樹脂	ビスフェノールF型エポキシ樹脂	
補強材		SCO2	耐紫外線向上
硬化剤	脂肪族ポリアミン	脂肪族ポリアミン	
増粘剤	イソシアネード	ポリウレタン	刺激性のないポリウレタン使用
樹枝添加物		添加物	親水性樹脂に変性してあり湿潤でも硬化
繊維添加物	ロックウール ガラスウール	ロックウール	

16.7 複合繊維質樹脂系舗装の透水性能および保水性能に関する実験

16.7.1 実験計画

目詰まりに強く、かつ透水性を有する舗装材料として、複合繊維質樹脂系のバインダーを用いた透水性舗装を提案した。この複合繊維質樹脂系舗装の基礎的な性能を把握するための実験として、透水性および保水性能に関する実験を行った。

表 16.7.1 透水性に関する実験項目

No.	検討項目	実施年度
①	骨材とバインダーの配合比率の検討	H13年度
②	骨材配合を変えた場合の透水性の把握	〃
③	促進試験による目詰まり後の透水性の把握	H14年度
④	フィールド試験による目詰まり後の透水性の把握	〃

透水性に関する実験および保水性能に関する検討項目を、それぞれ表 16.7.1、表 16.7.2 に示す。

表 16.7.2 保水性能に関する実験項目

No.	検討項目	実施年度
①	模擬環境下における水分蒸散量および表層部温度の把握	H13年度
②	フィールド試験による水分蒸散量および競争部温度の把握	H14年度

16.7.2 透水性に関する実験

試験体は骨材配合を変えた8種類とした。各配合の特徴を表 16.7.3 に、各配合の粒度分布を表 16.7.4 に示す。透水試験に用いた試験体は、 $\phi 100 \times 40\text{mm}$ の円筒型とし、型枠内部で十分に締め固めたものを用いた。試験は、舗装試験法便覧の定水位による方法とし、各配合 3 体ずつ試験を行った。

16.7.3 保水性能に関する実験

骨材配合は、表 16.7.3 および表 16.7.4 に示す 8 配合に加え、比較用として、アスファルト舗装、インターロッキングブロック、ポーラスコンクリートを加えた 13 種類とした。試験体の概略図を図 16.7.1 に示す。

実験は、温度 30°C 、相対湿度 $60\%\text{RH}$ の恒温恒湿室内において行い、直達日射を想定した 500W の照明を試験体の上に設置し、日射計により、試験体表面での日射量が、 $0.84 \pm 0.05\text{kW} \cdot \text{m}^{-2}$ になるように調整した。温湿度および日射量は、福岡市における夏期の正午における平均的な気候を想定したものである。実験状況を図 16.7.2 に示す。

表 16.7.3 試験体配合の特徴

配合名	特 徴
6号	粒径1～15mm程度が中心の単粒配合
7号	粒径0.3～10mm程度が中心の単粒配合
砕砂	粒径5mm以下が中心の単粒配合
排水13	最大粒径13mmで、1～2mm前後の粒径をカット
排水20	最大粒径20mmで1～2mm前後の粒径をカット
細粒13	最大粒径13mmで、0.5～20mmまでまんべんなく配合、密粒よりも細かい
密粒13	最大粒径13mmで、0.5～20mmまでまんべんなく配合
密粒20	最大粒径20mmで、0.5～20mmまでまんべんなく配合

表 16.7.4 各配合の粒度分布（透過百分率）

ふるい 目(mm)	複合繊維質								アスファルト	
	6号	7号	砕砂	排13	排20	密13	密20	細13	排13	透13
26.5		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
19	100.0	100.0	100.0	100.0	98.1	100.0	98.7	100.0	100.0	100.0
13.2	94.4	100.0	100.0	95.2	73.1	97.8	82.2	98.4	95.2	96.0
4.75	6.9	89.7	100.0	19.9	18.5	62.1	56.0	71.8	20.9	33.7
2.36	1.0	11.9	88.7							
1.2	0.0	2.5	56.0	14.3	14.0	44.7	42.2	57.2	15.0	19.5
0.6		1.4	35.2	8.8	8.8	25.0	24.1	33.1	9.2	13.6
0.3		0.0	20.6	6.9	6.9	15.6	15.1	20.6	7.1	9.2
0.15			9.6	5.9	5.9	9.3	8.9	12.1	6.1	6.7
0.075				4.9	4.9	6.4	6.2	8.4	4.9	5.1

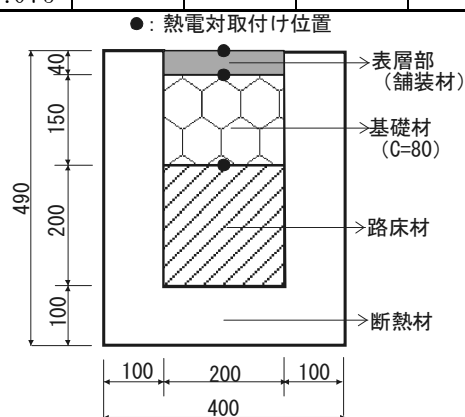


図 16.7.1 保水性試験の試験体



図 16.7.2 保水性試験の状況

上記の環境下において、日射を6時間照射し、18時間照射を止めることを2回繰り返す、冠水状態からの水分の蒸散量および、表層部、路盤上、路床上の温度を測定した。

16.7.4 実験結果

1) 透水性に関する試験結果

各配合の透水係数および連続空隙率を図 16.7.3 に示す。

透水係数と連続空隙率は、単粒配合、排水系の配合が大きいが、密粒配合、細粒配合についても透水性舗装の規格値である、 $1.0 \times 10^{-2} \text{ cm/sec}$ を確保できている。

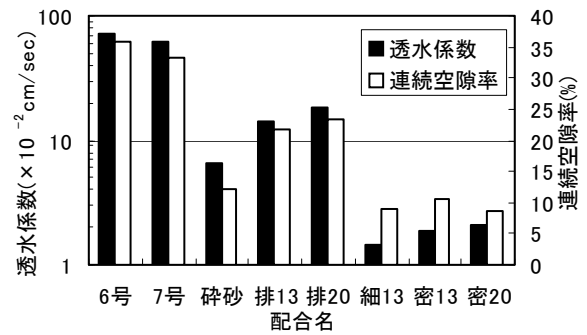


図 16.7.3 透水係数および連続空隙率

2) 保水性に関する試験結果

透水係数と水分蒸散量を図 16.7.4、透水係数と表層部の温度を図 16.7.5、水分蒸散量と表面温度を図 16.7.6 に示す。

透水係数と表層部の温度を図 16.7.5、水分蒸散

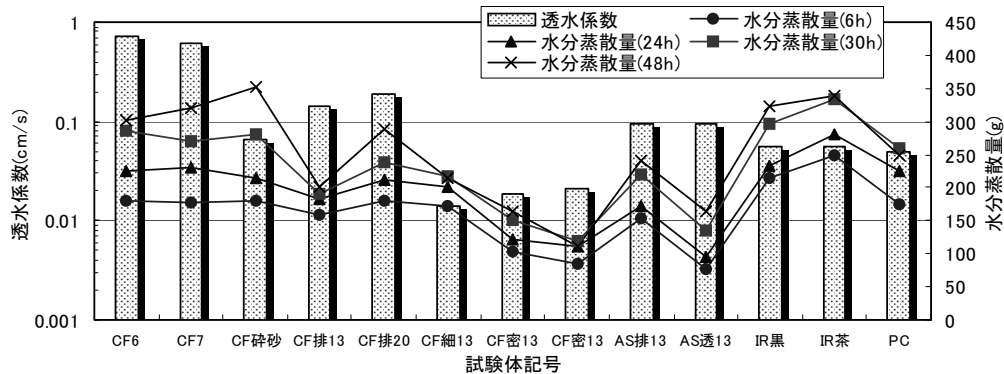


図 16.7.4 透水係数と水分蒸散量

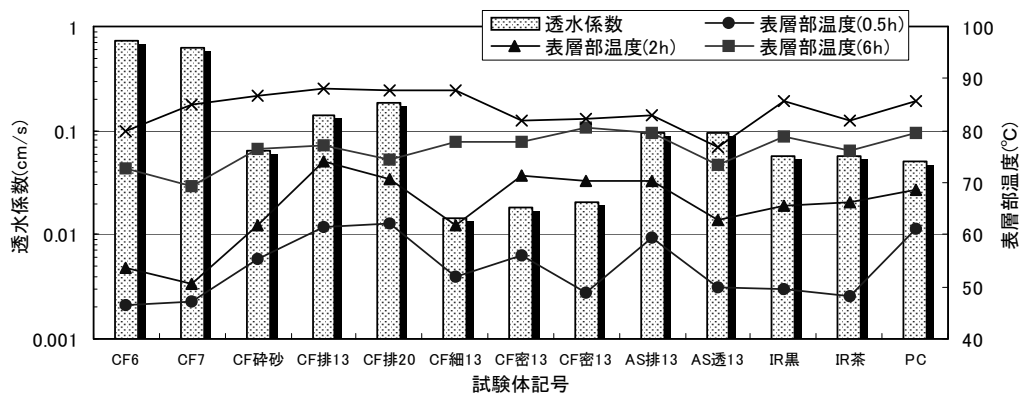


図 16.7.5 透水係数と表層部の温度

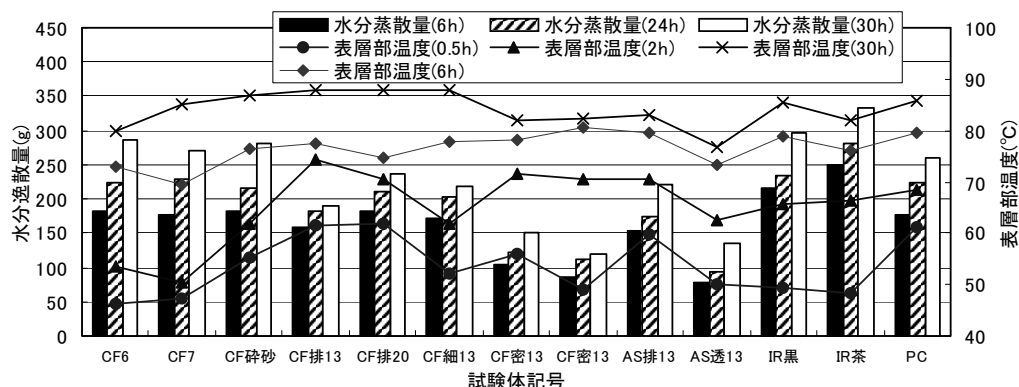


図 16.7.6 水分蒸散量と表層部の温度

都市の熱収支を改善することを目的とした場合の、透水性舗装に求められる性能として、透水性能および保水性能が高く、かつ表層部の温度低減効果に優れていることが求められる。しかし、一般に透水性能と保水性能は相対するものであり、水分の蒸散が大きいほど気化熱が奪われ表層部の温度が低下することから、保水性能と温度低減効果も相対する関係にある。

このような観点から各配合を比較した場合、保水状態が冠水状態にある場合には、透水性の高い単粒配合、開粒配合が温度低減効果に優れるが水分の蒸散量も大きい。しかしながら、24 時間以降のように表層部の水分が

ある程度蒸散した状態においては、密粒系の配合の温度低減効果も大きくかつ水分蒸散量が少なく保水性能も高いということが確認される。また、密粒系の配合は、表面の開口が少なくなるため、単粒配合、開粒配合比べ目詰まりにも強いことが予想される。

今回の実験における透水性能は、低水位による方法としているため、実際の降雨時の透水性能は異なると思われる。今後、散水状態の異なる条件下での透水性能の確認等を行い、透水性能、保水性能、温度低減効果のバランスを考慮した最適配合を決定する予定である。

16.7.5 まとめ

実験結果に基づき複合繊維質樹脂舗装における透水・保水機能と、温度低下について整理する(表 16.7.5)。

1) 透水係数と初期温度低下

透水係数の大きい配合については、初期の温度低下に優れるが、水の蒸発散量が大きいため、効果の持続に課題を残す。また、

透水係数の低いものについては、初期の温度低下は少ないものの、効果の持続が期待できる。

2) 持続的な温度低下

温度低下に持続的な効果のある配合は、空隙率が小さく、水の蒸発散量の少ない合材が優れる。しかし、初期温度の低下については、

他の配合と比較し劣る。

これらの結果から、温度低減は、水の蒸発散と密接な関係があることがわかる。しかし、

温度低減機能に優れる配合は、その持続時間
評価軸として、検討を進めていく必要がある。
間が短い傾向にあり、今後の課題として、目
(岩田 司)
詰りと、温度低減量、効果持続時間の3つを

表 16.7.5 各評価項目における最適配合

評価項目	最適合材	適用	課題のある配合
透水係数	1. CF6 2. CF7 3. 排水20	単粒系配合は、空隙率も多いため、透水機能に優れる。	1. CF細13 2. CF密13 3. CF密20
初期温度低下	1. CF6 2. CF7 3. IR茶	単粒系配合は、温度が低下していた。	1. CF排20 2. CF排13 3. AS透13
30h温度低下	1. AS透13 2. CF密13 3. CF密13	アスファルト透水性舗装の温度低下がもっとも優れ、その他は、空隙の少ない配合の温度が優れていた。	1. CF細13 2. CF排20 3. CF排13
蒸発散	1. IR茶 2. IR黒 3. CF6	インターロッキングの蒸発散量が多く、その他は、空隙の大きい、単粒の蒸発散が大きかった	1. CF密20 2. AS透水13 3. CF密13

