

オフィス建築を対象とした環境創造技術に関する実証研究

(その4) 薄型ダブルスキン仕様変更後の熱性能評価

EXPERIMENTAL STUDY TO ACHIEVE THE OPTIMAL ENVIRONMENT FOR OFFICE BUILDINGS

Part4 Evaluation of thermal performance after improvement of exterior packaging of thin double skin

浅野 涼太*1, 村江 行忠*2, 竹中 優揮*3, 栗木 茂*3, 伊藤 優*1

Ryota ASANO, Yukitada MURAE, Yuki TAKENAKA, Shigeru KURIKI and Yu ITO

In this study, author changed the exterior specification of thin double skin to improve the thermal performance and evaluated thermal performance before and after with measurements and numerical calculations. The results are follows, 1) In order to reduce annual building load, it is necessary to consider the mechanism to control the ventilation in the cavity for each building characteristic and regional characteristic. 2) The solar heat gain rate was reduced by the addition of ventilation slits. In addition, changing the inner glass was effective in reducing the heat transmission coefficient.

Keywords : Experimental building, Thin double skin, Heat transmission coefficient, Solar heat gain

実証建物, 薄型ダブルスキン, 熱貫流率, 日射熱取得率

1. はじめに

実証建物において 2017 年 4 月から運用を始め, 各種環境技術を検証している. 既報¹⁾では, 実証建物における室内温熱環境とエネルギー評価について報告し, 薄型ダブルスキン(以下 CDS)について, 仕様の見直しが課題となった. 本報では, CDS の性能向上を目的として仕様を変更し, 仕様ごとの熱性能を評価した結果を報告する.

2. 概要

2.1 CDS 仕様変更概要

CDS 外装を図 1 に示す. 外装の仕様はその¹⁾を参照にされたい. 幅 1.2m の 2 層吹抜けと幅 0.6m のパネル部(アルミ板 2.0mm+吹付ロックウール 25mm)の幅 1.8m×4 ユニットで構成されており, 上部には常時開放された換気スリットを設けている. 仕様変更概要を表 1 に示す. 換気スリットを 0.10 m²追加し 1 ユニットあたりの開口面積を 0.02 m²から 0.12 m²に増やした. また, インナーガラスについて 1 ユニットのみ複層ガラス(FL6+A6+FL6)から複層ガラス(FL6+A12+FL6)に変更した. 仕様変更後の実測は 2018 年 8 月 11 日から開始した. 仕様変更前(開口面積 0.02 m², 複層ガラス(FL6+A6+FL6))を Case1, 換気スリット追加後(開口面積 0.12 m², 複層ガラス(FL6+A6+FL6))を Case2, インナーガラス変更後(開口面積 0.12 m², 複層ガラス(FL6+A12+FL6))を Case3 とする.

2.2 測定概要

測定機器設置平面図を図 2 に示す. 事務室は 7.2m×10.2m×2.9m であり, 外装から 2.2m をペリメータゾーン, 以降をインテリアゾーンに分けた. 実験対象エリアの中央部に人体発熱を模擬した電気毛布(55W×8 枚)を設置し, 在室時間帯(8:00~18:00)に発熱した. 空調設定温度は夏期 26°C, 冬期 22°C とし, 8:00~18:00 に空調した. また, ブラインドはキャビティ内に設置, スラット角 45°で固定した. 実測項目を表 1 に示す. 室内空気温度, キャビティ内空気温度, ガラス表面温度,

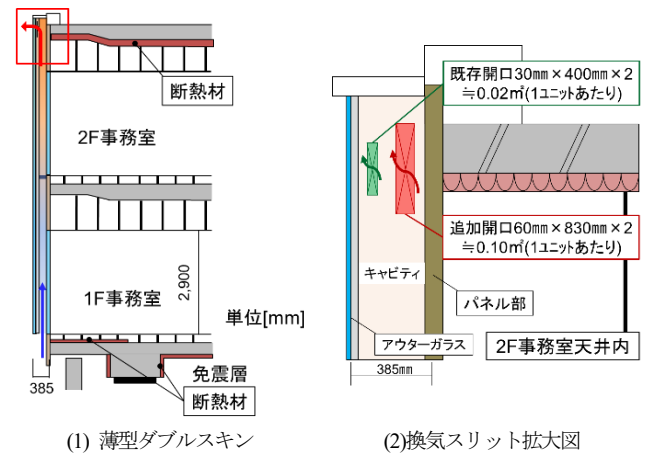


図 1 南面外装断面

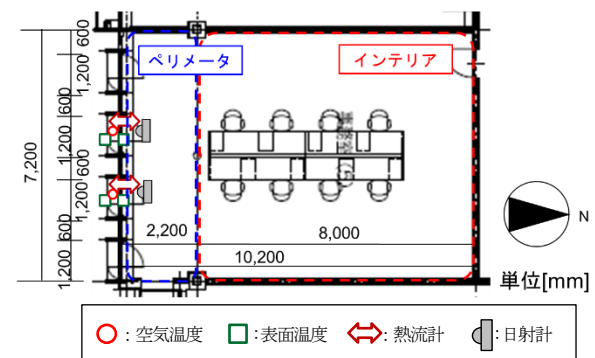


図 2 測定機器設置平面図

表 1 CDS 仕様表

	スリット開口面積	インナーガラス仕様	測定期間
Case1	0.02 m ²	FL6+A6+FL6	2017.04~2018.07
Case2	0.12 m ²	FL6+A6+FL6	2018.08~
Case3		FL6+A12+FL6	

*1 戸田建設(株)技術開発センター 修士 (工学)

*2 戸田建設(株)技術開発センター 工学修士

*3 戸田建設(株)技術開発センター

Research and Development Center, TODA CORPORATION, M.Eng.

Research and Development Center, TODA CORPORATION, M.Eng.

Research and Development Center, TODA CORPORATION

ガラス表面熱流、鉛直日射量をワイヤレスデータロガー(HIOKI LR8416)を用いて1分間隔で連続的に記録した。仕様変更前後のキャビティ内温度分布について夏期は日射量の多い日を代表日とし、外気温、日射量が2018年度と2017年度で同等の測定日を評価し、冬期は日射量の少ない日を代表日とし、外気温、日射量が2018年度と2017年度で同等の測定日を評価した。

3. 測定結果

3.1 夏期

図3~5に夏期のキャビティ内温度変動・南面鉛直日射量を示す。最高温度を比較すると、Case1で66.1°C、Case2で48.5°C、Case3で44.3°Cと換気スリット追加後は追加前よりも17.6°C、11.5°C低くなった。インナーガラス仕様変更前後について、Case2よりもCase3のキャビティ内温度が高くなることが見込まれたが、測定ではCase2のほうが高くなった。キャビティ内上下温度を測定している熱電対の設置位置がアウターガラス側によっていたためと考えられる。

また、1FL+100 mmと2FL+2,900 mmの空気温度差を比較すると、Case1では28.2°C、Case2では18.2°C、Case3では14.4°Cとキャビティ内の上下温度差が小さくなった。図6~8に日中最高温度時のキャビティ内温度分布を示す。インナーガラス室内側表面温度を見ると、暖気上昇により1階に比べて2階のほうが高くなる。各ケースの2階のインナーガラス室内側表面温度を比較すると、Case1は34.6°C、Case2は31.8°C、Case3は30.5°Cとなり、開口追加により2.8°C下がり、インナーガラス仕様変更によりキャビティ内空気温度が1.3°C下がったことから、仕様変更後でペリメータ側の熱流入を削減することができたと考えられる。

表2 測定項目

測定項目	測定箇所	設置高さ (mm) フロア当たり	計測機器
空気温度	ペリメータ	FL+100 FL+600 FL+1,100 FL+1,700 FL+2,200 FL+2,800	T型熱電対
	キャビティ内	仕様変更前 FL+100 FL+1,100 FL+1,900 FL+2,800 FL+3,700 仕様変更後 FL+100 FL+1,450 FL+2,900	
表面温度	インナーガラス ブライント アウターガラス	FL+1,450	T型熱電対
熱流	インナーガラス アウターガラス	FL+1,450	熱流計 Z2016(HIOKI)
鉛直日射量	室内南面	FL+1,450	日射計 MS-602 (英弘精機)
外気温度	屋上		T型熱電対
鉛直日射量			日射計 MS-602 (英弘精機)

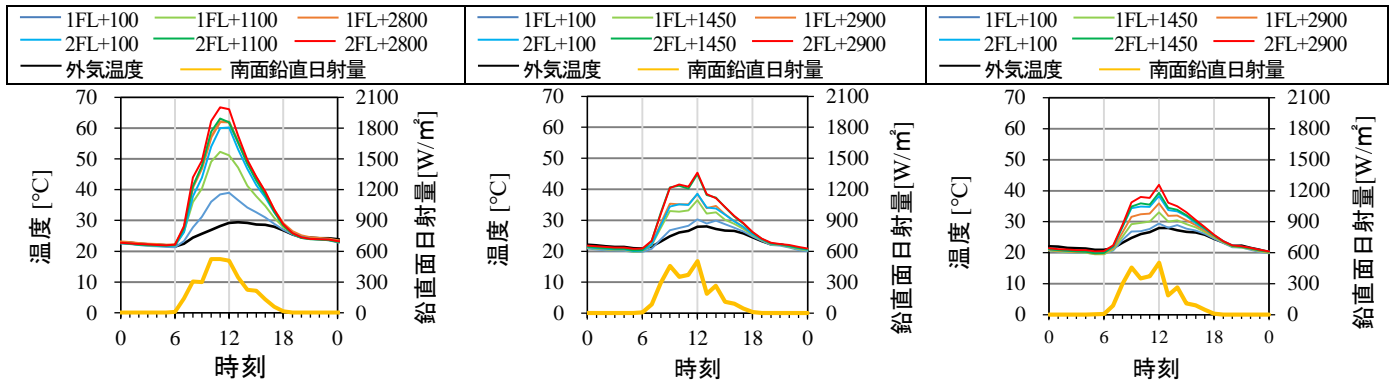


図3 Case1 キャビティ内上下温度 (2017年9月13日)

図4 Case2 キャビティ内上下温度 (2018年9月18日)

図5 Case3 キャビティ内上下温度 (2018年9月18日)

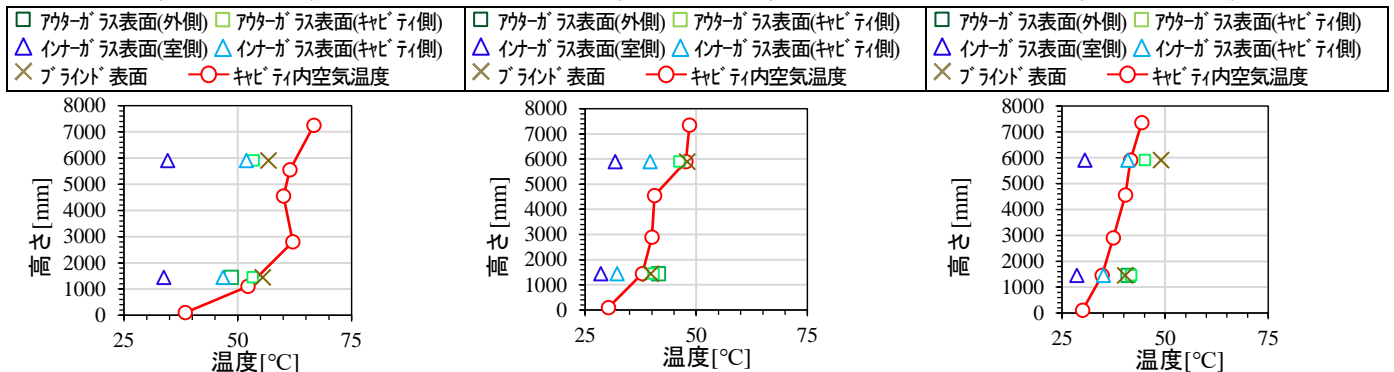


図6 Case1 キャビティ内温度分布 (2017年9月13日 外気28.2°C)^{注1}

図7 Case2 キャビティ内温度分布 (2018年9月18日 外気28.1°C)^{注1}

図8 Case3 キャビティ内温度分布 (2018年9月18日 外気28.1°C)^{注1}

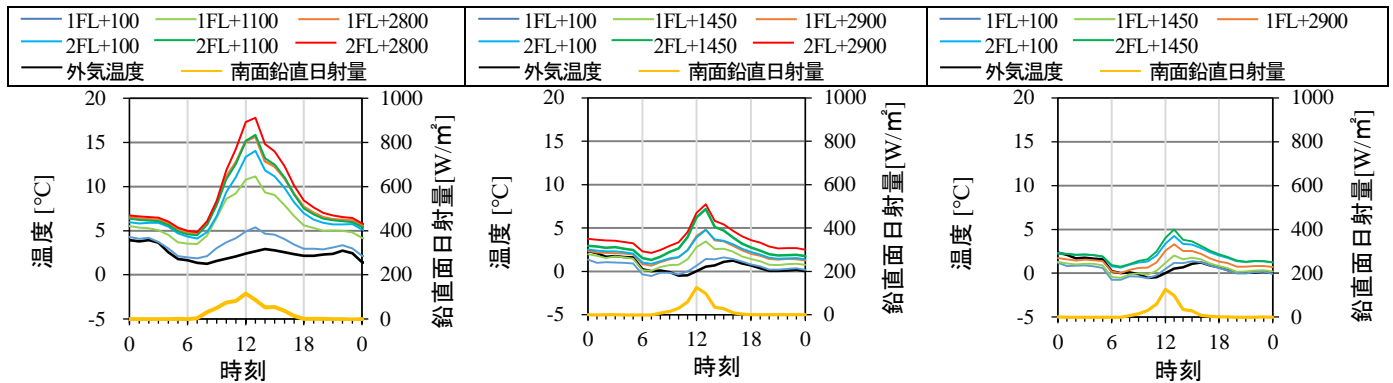


図9 Case1 キャビティ内上下温度 (2018年2月22日)

図10 Case2 キャビティ内上下温度 (2019年2月9日)

図11 Case3 キャビティ内上下温度 (2019年2月9日)^{注1}

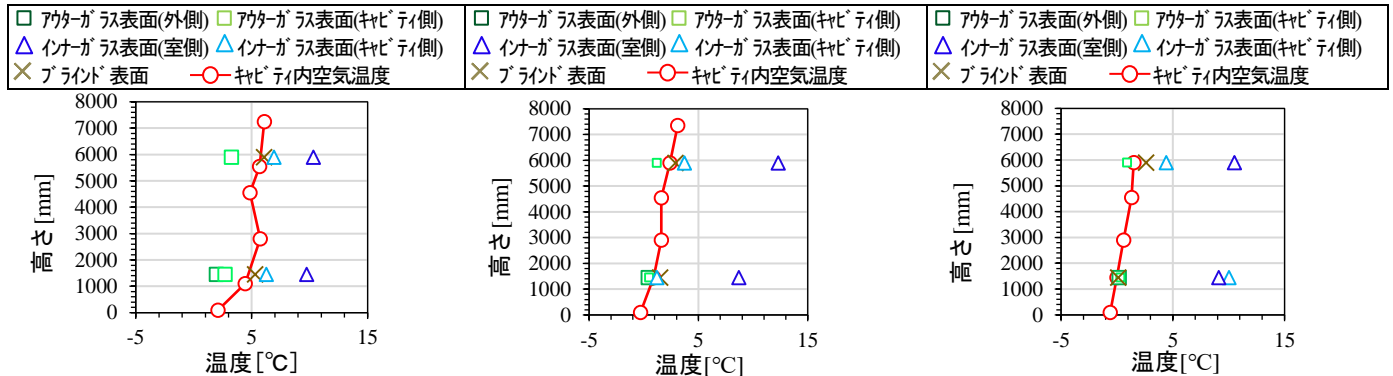


図12 Case1 キャビティ内温度分布 (2018年2月22日 外気1.2°C)^{注1}

図13 Case2 キャビティ内温度分布 (2019年2月9日 外気-0.2°C)^{注1}

図14 Case3 キャビティ内温度分布 (2019年2月9日 外気-0.2°C)^{注1注2}

3.2 冬期

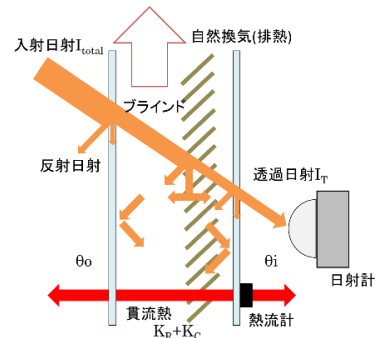
図9~11に冬期のキャビティ内温度変動・南面鉛直日射量を示す。最高温度を比較すると、Case1で17.3°C、Case2で9.0°C、Case3で5.8°Cとなり、換気スリット追加によりキャビティ内温度が下がった。図12~14に空調立ち上がり時(8:00)のキャビティ内温度分布を示す。各ケースの1階のインナーガラス室内側表面温度を比較すると、Case1は9.7°C、Case2は8.7°C、Case3は9.1°Cとなったことから、換気スリット追加前に比べ熱流出の増加が懸念される。

4. 熱性能値の比較

4.1 測定値と数値計算による算出

キャビティ内の熱収支概念図を図15に示す。CDSの9月における熱貫流率(U値)と日射熱取得率(η値)について表-2に示す通り、既往文献³⁴⁾を参考にした計算式(評価A,B)とBEST専門版(Ver.BEST1810)³⁾による計算(評価C)によって比較する。評価A,Bについて両者ともU値の算出式は同様であるが、評価Bのη値について室内側総合熱伝達を加味している。

評価Cの入力条件を表4に示す。実証建物事務室1階(7.2m(W)×10.8m(D)×2.9m(H))の南面外装を対象とし、変更前後の仕様に合わせて入力した。気象データは実証建物の所在地の最寄りのつくばにおける拡張アメダス気象データの標準年データを用いた。設定室温26°Cとし、建築の熱負荷のみを計算対象とした非連成空調計算を行った。事務室の稼働時間は平日8時~18時とし、照明点灯率、在席率を一定条件として内部発熱を与えている。



I_{total} : 入射日射量[W/m ²]	I_T : 透過日射量 [W/m ²]
θ_i : 室内空気温度 [°C]	θ_o : 室外空気温度 [°C]
θ_{si} : インナーガラス表面温度 [°C]	
K_R : 室内と外気の温度差によりインナーガラスから流入する貫流熱の放射成分 [W/m ²]	
K_C : 室内と外気の温度差によりインナーガラスから流入する貫流熱の対流成分 [W/m ²]	
α_i : 室内側表面総合熱伝達率(8W/m ² Kとする)	

図15 キャビティ内熱収支概念図

表3 熱性能値計算方法

評価A	U値 ^{注3}	$U = (K_R + K_C) / (\theta_o - \theta_i)$
	η値 ^{注4}	$\eta = \{I_T - (K_R + K_C)\} / I_{total}$
評価B	U値 ^{注3}	$U = (K_R + K_C) / (\theta_o - \theta_i)$
	η値 ^{注4}	$\eta = \{I_T + \alpha_i(\theta_{si} - \theta_i) - (K_R + K_C)\} / I_{total}$
評価C	U値 ^{注5}	BEST 専門版(Ver.BEST1810)による計算
	η値 ^{注5}	

表4 入力条件

		Case1	Case2	Case3
外装	ダブルスキン	共通	吹抜け2層(1層目) 奥行き:0.385m 常時換気	
		アウターガラス	FL6mm	
		インナーガラス	日射遮蔽型 Low-E 複層 6mm	
			空気層 6mm	12mm
	換気有効開口面積 m ² /m	上部 0.004	0.021	
	下部	0.21		
	パネ	ロックール断熱材 30mm+アルミパネ 2mm		
気象	つくば拡張気象データ(標準年 2000-2010)			
空調	設定温度: 夏期(6~9月)26°C 空調運転時間: 8~18時、外気導入量:4CMH/m ²			
ブラインド	色:明色、スラット角 45°固定			
照明	顕熱発熱量: 7W/m ² 点灯率:平日 8~18時は1,それ以外は0			
機器	顕熱発熱量: 15W/m ² 使用率:平日 8~18時は1,それ以外は0.2			
人体	人数: 0.10 人/m ² (8 人/室想定) 在室率:平日 8~18時は1,それ以外は0 代謝量:1.2Met(通年), 着衣量:0.6clo(夏期)			
隙間風	換気回数:0.2 回/h			

4.2 U値, η値の比較

図16にU値η値の散布図,表5~7にU値η値の1ヶ月平均値を示す。各計算法ともにインナーガラス仕様変更によりU値が減少し、換気スリット追加したことによりη値が減少する傾向が見られた。換気スリットを追加したことにより日射熱取得量が減少した効果が表れたと考えられる。

標準気象データを用いた数値解析値である評価Cに対して実測値を用いた評価A,BのU値の乖離は若干見られるが、概ね傾向は一致していた。U値について乖離が生じているのは実測年度や標準気象データの気象条件が異なっていることや、夜間非空調だったため室内外温度差が少なかった(3~5°C程度)ことにより計算値のばらつきがおおきくなったと考えられる。また、Case1,3のη値について評価Cで乖離が見られるのは、キャビティ内の排熱について実測時と数値計算上で通気状況が異なるためと考えられる。評価A,Bのη値の平均値は同等であったが、測定値のばらつきを比較すると、熱伝達がη値計算値に与える影響を考慮したほうが良い。

5. 終わりに

実測結果から外装仕様変更による薄型ダブルスキン熱性能向上について以下の知見を得ることができた。

- ・換気スリット追加により夏期は熱流入を削減できたが、冬期は熱流出が増加してしまうことが懸念された。暖房負荷で不利側に働くため、建物用途や地域、内部負荷などの状況により、場合によってはキャビティ内の換気制御が必要と考える。
- ・換気スリット追加によりη値を低減することができた。また、インナーガラス仕様を変更することでη値に加えて、U値の低減に効果があった。
- ・熱性能値について、実測値と数値計算値を比較し妥当性を検証した。室内外温度差やキャビティ内の排熱状況により乖離が生じること

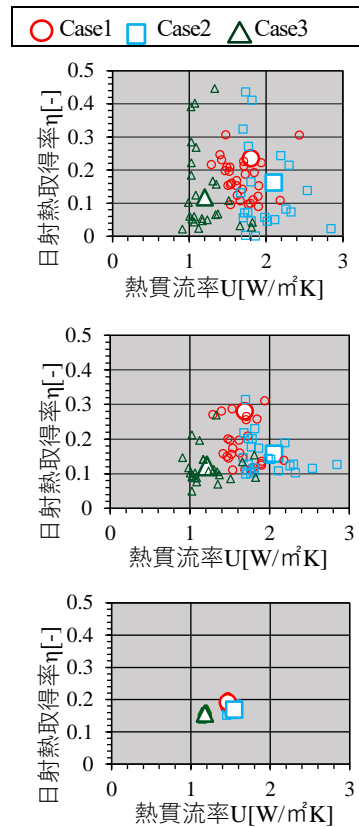


図16 U値η値散布図 (上評価A, 中評価B, 下評価C)

を考慮し評価する必要がある。

- ・今後は実測値や数値計算により、外装変更による年間熱負荷削減効果検証し、他の外装と比較をする。

参考文献

- 1) 浅野他: オフィス建築を対象とした環境創造技術に関する実証研究(その2), 戸田技術研究報告第44号,2018.11
- 2) 伊藤他: オフィス建築を対象とした環境創造技術に関する実証研究(その1), 戸田技術研究報告第43号,2017.11
- 3) 菊田他: 積雪寒冷型ダブルスキンの熱負荷低減手法に関する研究, 日本建築学会環境系論文集, pp1355-1362, 2019.12
- 4) 加藤他: ダブルスキンの熱的性能予測に関する研究(その1), 空気調和衛生工学会大会梗概集, pp373-376, 2007.9
- 5) 郡他: 外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」の開発(その116), 空気調和衛生工学会大会学術梗概集, pp17-20, 2013.9

注釈

- 注1 アウターガラス屋外側表面温度は1階のみ測定した。
- 注2 2FL+2900mmのデータは欠測したため表記していない。
- 注3 U値は夜間(0:00~4:00)の平均値とし、室内と外気の温度差によりインナーガラスから流入する貫流熱の放射成分との対流成分の和(K_R+K_C)についてはインナーガラスに貼り付けた熱流計の測定値を用いた。
- 注4 η値は日照時間(8:00~16:00)の平均値とし、ITは室内に設置した日射計、I_{total}は屋上に設置した日射計の測定値を使用した。

表5 U値η値1ヶ月平均値

	U値	η値
Case1	1.8	0.24
Case2	2.1	0.16
Case3	1.2	0.12

表6 U値η値1ヶ月平均値

	U値	η値
Case1	1.8	0.29
Case2	2.1	0.16
Case3	1.2	0.11

表7 U値η値1ヶ月平均値

	U値	η値
Case1	1.5	0.19
Case2	1.5	0.17
Case3	1.2	0.16