

熱中症で救急搬送された人の数が、各主要都市、各年で最も多い日の気象データは、A で用いたデータベースから選び出し用いた。作業量の目安となる代謝量は、休憩時(65W/m<sup>2</sup>)、低代謝率(130W/m<sup>2</sup>)、中程度代謝率(200W/m<sup>2</sup>)、高代謝率(260W/m<sup>2</sup>)を用いた。計算対象とした人の体格は、身長 170cm、体重 65kg、暑熱馴化された人と仮定した。主に建設業従事者で使われている作業予定表(表 4)に合わせて PHS で総水分喪失量、深部体温を計算した。熱中症で救急搬送された人の数は、国立環境研究所の熱中症患者速報サイトを参考にした。

表 4. 予測計算に用いた作業予定表

時間	活動	作業量	計算に用いた状況
8:00~10:00	屋外作業	3段階(高、中、低代謝率)	気象データ
10:00~10:30	室内休憩	65W/m <sup>2</sup>	25°C(屋内又は木陰), 風(0.3m/sec)
10:30~12:00	屋外作業	3段階(高、中、低代謝率)	気象データ
12:00~13:00	室内休憩	65W/m <sup>2</sup>	25°C(屋内又は木陰), 風(0.3m/sec)
13:00~15:00	屋外作業	3段階(高、中、低代謝率)	気象データ
15:00~15:30	室内休憩	65W/m <sup>2</sup>	25°C(屋内又は木陰), 風(0.3m/sec)
15:30~17:00	屋外作業	3段階(高、中、低代謝率)	気象データ

## 2) 研究結果及び考察

2008 年に東京で救急搬送された熱中症患者が最も多かった日の気象データを図 9 に示す。オレンジ色は作業時間を示す(表 4)。表 4 に従って作業をすると、午前 8 時の始業時から WBGT30°C を越え、午後 3 時頃までその暑さが持続することになる。同様に黒球温度も、始業午前 8 時頃から 40°C を越え、午後 3 時頃まで続いた。図 9 の気象条件、表 4 の作業予定表の下で、8 時の作業開始時刻を 0 時刻として、各作業強度別に、PHS で予測した 1 分ごとの水分喪失量と深部体温の変化を図 10 に示す。

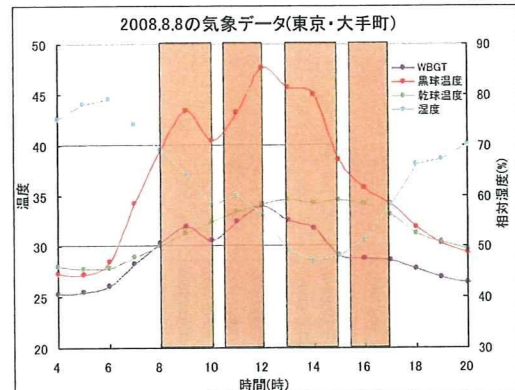


図 9. 熱中症が最も多かった気象データ(東京、2008年)

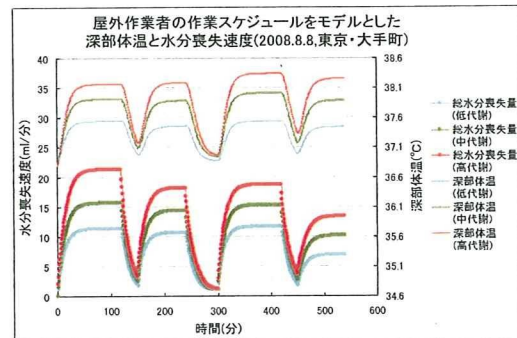


図 10. 図 9 の気象データを用いた予測総水分喪失量と予測深部体温

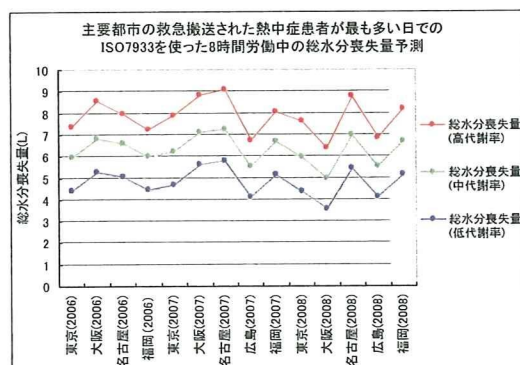


図 11. 各都市の年間熱中症最多発生日における予測総水分喪失量

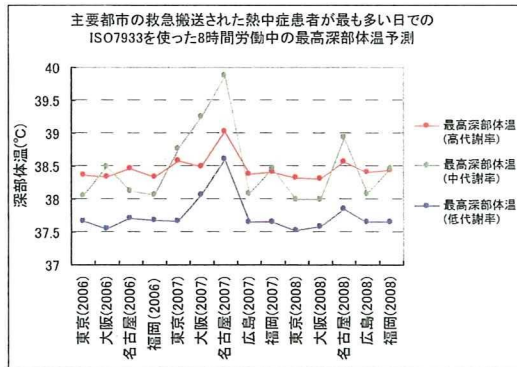


図 12. 各都市の年間熱中症最多発生日における予測最大深部体温

午前 8:00 から午前 10:00 までの作業中で、高代謝率作業での予測水分喪失速度は作業開始後 1 時間でほぼ最大値の 1.27L/時間に達し、休み時間まで持続した。これは、10:30 から 12:00、13:00 から 15:00、15:30 から 17:00 までの 1 分あたりの予測水分喪失速度より多かった。中程度代謝率では、0.94L/時間の予測総水分喪失速度、低代謝率では、0.68L/時間の予測総水分喪失速度となった。始業時からすでに、強い暑熱曝露を受けていることが予想される。30 分間の休憩で、予測総水分喪失速度は始業時のレベルに近づいたが、10 分や 20 分の休憩では、予測総水分喪失速度は戻らなかった。休憩時間が 30 分以内では、体に溜まった熱が完全には放熱しないことが予想される。予測深部体温は、予測総水分喪失速度と同様な変化を示した。午後の昼休み後に最高温度に達し、高代謝率作業では、38.3°C に達した。中程度代謝率作業では 38.0°C、低代謝率作業では 37.5°C の予測値であった。各大都市の 2006～2008 年の熱中症発生が最も多い日の気象データをもとに、作業を表 4 にそって行ったときの作業時間内総水分喪失量を図 11 に示す。高代謝率で作業を行うと、

業務内の総水分喪失量が最高で 9 リットルになり、毎時間当たり 1 リットル以上の水分を補給すると失った水分を補うことが出来る計算となった。中程度代謝率、低代謝率では、7.1 リットル、5.9 リットルとなり、いずれも高い値を示した。中程度代謝率の作業強度で計算した場合、2007 年の大阪と名古屋で深部体温は 39°C を超える値となった。中程度代謝率が高代謝率より大きい値になった(図 12)のは、PHS では最大発汗率が代謝率に依存するので、中程度代謝率の最高発汗量が高代謝率の最高発汗量より比較的少なくなり、体温を下げる効果が少なかったと考えられる。2007 年の名古屋や大阪の気象データは、環境温度が高いため、発汗以外の空気の対流や熱線による放散がないため、体温放散は発汗以外にはない状況である。そのため発汗量を増やし放熱量を増やすことになるが、中程度代謝率で発汗量が限界に達したのだと考えられる。中程度代謝率や高代謝率の作業を、熱中症発生が最も多い日の気象条件で行うと、深部体温が 38°C 以上となり、推奨される ISO7933 の基準を超える計算になった。

まとめ : ISO7933 の暑熱曝露時の暑熱負担予測数値モデル(PHS)を用い、日本の夏の気象データを対象に WBGT 値ごとに総水分喪失量と深部体温を予測した。WBGT 値や作業強度が高くなるほど、総水分喪失量や深部体温が増加した。最高予測総水分喪失量は、毎時 1 リットル以上にも達した。暑熱順化されてない場合は、予測深部体温が 38.5°C 位、暑熱順化されている場合は、予測深部体温が 38.0°C 位を超えると、ほぼ最大発汗量に達しているため、それ以上は

体温上昇が急激に進むと思われる。この条件以上の気象条件は、過去 4 年間の平均では年間約 90 時間ほどであると予想され、その時間は適切な水分補給に加え別の暑熱ストレスを軽減する対策が必要である。WBGT 値が 30℃以下でも、黒球温度が高いときは、深部体温の上昇に導くため、直射日光を避ける等の対策が必要である。暑熱ストレス基準値表の ISO7243 と PHS による予測の整合性はほぼ取れていたが(別表 1-30)、WBGT 値が低く、代謝率が高い場合の基準値では、深部体温が 38℃を越える場合も予想された。熱中症で救急搬送された人が最も多かった日の気象データを基に屋外作業者の予測総水分喪失量と予測深部体温を予測した。低代謝率作業でも毎時 0.7 リットル以上の給水が必要であり、中程度代謝率以上では深部体温が ISO7933 基準の 38℃を越えることが予想された。日本の夏の気象データと PHS を基に、衣服の顕熱抵抗・潜熱抵抗別、WBGT 別、作業強度別総水分喪失量を別表 1～30 にまとめた。

#### 参考文献

- 1) Malchaire J et al. (2001) Development and validation of the predicted heat strain model. *Ann Occup Hyg* 45, 123-135.
- 2) ISO 7933 (2004) Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain.
- 3) Malchaire J et al. (2002) Assessment of the risk of heat disorders encountered during work in hot conditions. *Int Arch*

- Occup Environ Health 75, 153-162.
- 4) ISO 7243 (1989) Hot environments – Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (wet bulb globe temperature)
- 5) ISO 9920 (2007) Ergonomics of the thermal environment – Estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble.
- 6) Ueno S, Sawada S, Bernard T (2009) Modification to predicted heat strain (PHS) (ISO7933). 13th International Conference on Environmental Ergonomics(ICEE) 2009, ICEE2009 Proceedings of the 13th Conference CD-ROM.
- 7) Ueno S et al. (2009) Utility of predicted heat strain to limit short-term heat stress exposures, 13th International Conference on Environmental Ergonomics(ICEE) 2009, ICEE2009 Proceedings of the 13th Conference CD-ROM

別表 1. PHS モデルによる 1 時間作業時の WBGT 別、作業強度別最大総水分喪失予測量(ml)  
(暑熱馴化あり, Icl = 1.1Clo, im = 0.25)

		代謝率				
		安静 (65W/m <sup>2</sup> )	低代謝率 (130W/m <sup>2</sup> )	中代謝率 (200W/m <sup>2</sup> )	高代謝率 (260W/m <sup>2</sup> )	極高代謝率 (300W/m <sup>2</sup> )
WBGT	18°C (N=247)	48	75	213	450	612
	19°C (N=327)	51	81	220	440	592
	20°C (N=421)	68	121	279	539	721
	21°C (N=505)	89	152	332	613	788
	22°C (N=624)	103	169	346	637	821
	23°C (N=670)	139	211	407	712	898
	24°C (N=648)	177	252	444	749	944
	25°C (N=720)	215	302	526	841	1026
	26°C (N=550)	270	374	591	893	1065
	27°C (N=297)	334	445	650	923	1078
	28°C (N=244)	388	531	697	965	1115
	29°C (N=219)	449	570	725	981	1123
	30°C (N=195)	538	643	735	990	1131
	31°C (N=138)	582	662	717	984	1129
	32°C (N=135)	664	716	713	989	1135
	33°C (N=59)	676	716	711	987	1133
34°C (N=20)	711	699	709	985	1132	

別表 2. PHS モデルによる 1 時間作業時の WBGT 別、作業強度別最大総水分喪失予測量(ml)  
(暑熱馴化なし, Icl = 1.1Clo, im = 0.25)

		代謝率				
		安静 (65W/m <sup>2</sup> )	低代謝率 (130W/m <sup>2</sup> )	中代謝率 (200W/m <sup>2</sup> )	高代謝率 (260W/m <sup>2</sup> )	極高代謝率 (300W/m <sup>2</sup> )
WBGT	18°C (N=247)	48	75	213	431	573
	19°C (N=327)	51	81	220	424	560
	20°C (N=421)	68	121	278	515	661
	21°C (N=505)	89	152	324	568	714
	22°C (N=624)	103	169	340	591	738
	23°C (N=670)	139	211	395	650	800
	24°C (N=648)	177	252	434	688	840
	25°C (N=720)	215	302	500	749	888
	26°C (N=550)	270	369	553	786	909
	27°C (N=297)	334	439	598	811	920
	28°C (N=244)	387	502	610	810	916
	29°C (N=219)	441	537	595	804	918
	30°C (N=195)	503	580	582	803	920
	31°C (N=138)	525	588	576	800	918
	32°C (N=135)	573	572	575	798	917
	33°C (N=59)	577	563	574	797	916
34°C (N=20)	557	562	573	795	914	

別表 3. PHS モデルによる 1 時間作業時の WBGT 別、作業強度別最大総水分喪失予測量(ml)  
(暑熱馴化あり, Icl = 1.1Clo, im = 0.35)

		代謝率				
		安静 (65W/m <sup>2</sup> )	低代謝率 (130W/m <sup>2</sup> )	中代謝率 (200W/m <sup>2</sup> )	高代謝率 (260W/m <sup>2</sup> )	極高代謝率 (300W/m <sup>2</sup> )
WBGT	18°C (N=247)	48	74	199	354	463
	19°C (N=327)	51	81	205	361	466
	20°C (N=421)	67	119	252	424	537
	21°C (N=505)	88	146	287	480	606
	22°C (N=624)	102	164	302	491	616
	23°C (N=670)	135	200	349	554	694
	24°C (N=648)	171	239	387	582	717
	25°C (N=720)	204	276	439	662	806
	26°C (N=550)	250	326	497	723	870
	27°C (N=297)	303	382	554	755	878
	28°C (N=244)	330	416	604	827	956
	29°C (N=219)	366	458	636	851	977
	30°C (N=195)	391	493	675	905	1038
	31°C (N=138)	414	517	690	918	1048
	32°C (N=135)	504	609	721	970	1107
	33°C (N=59)	499	607	713	972	1108
34°C (N=20)	613	686	710	983	1128	

別表 4. PHS モデルによる 1 時間作業時の WBGT 別、作業強度別最大総水分喪失予測量(ml)  
(暑熱馴化なし, Icl = 1.1Clo, im = 0.35)

		代謝率				
		安静 (65W/m <sup>2</sup> )	低代謝率 (130W/m <sup>2</sup> )	中代謝率 (200W/m <sup>2</sup> )	高代謝率 (260W/m <sup>2</sup> )	極高代謝率 (300W/m <sup>2</sup> )
WBGT	18°C (N=247)	48	74	199	354	457
	19°C (N=327)	51	81	205	360	453
	20°C (N=421)	67	119	252	420	524
	21°C (N=505)	88	146	287	468	581
	22°C (N=624)	102	164	302	482	597
	23°C (N=670)	135	200	347	538	658
	24°C (N=648)	171	239	386	569	684
	25°C (N=720)	204	276	436	635	754
	26°C (N=550)	250	326	490	687	802
	27°C (N=297)	303	382	547	729	831
	28°C (N=244)	330	416	578	767	872
	29°C (N=219)	366	456	599	791	892
	30°C (N=195)	391	492	597	804	912
	31°C (N=138)	414	515	583	796	906
	32°C (N=135)	488	561	576	799	914
	33°C (N=59)	498	573	574	798	914
34°C (N=20)	554	566	573	795	914	

別表 5. PHS モデルによる 1 時間作業時の WBGT 別、作業強度別最大総水分喪失予測量(ml)  
(暑熱馴化あり,  $I_{cl} = 1.1C_{lo}$ ,  $i_m = 0.45$ )

		代謝率				
		安静 (65W/m <sup>2</sup> )	低代謝率 (130W/m <sup>2</sup> )	中代謝率 (200W/m <sup>2</sup> )	高代謝率 (260W/m <sup>2</sup> )	極高代謝率 (300W/m <sup>2</sup> )
WBGT	18°C (N=247)	48	74	195	330	405
	19°C (N=327)	51	80	201	335	411
	20°C (N=421)	67	118	245	386	468
	21°C (N=505)	87	145	276	430	525
	22°C (N=624)	101	163	294	441	531
	23°C (N=670)	133	197	334	494	591
	24°C (N=648)	169	235	374	529	618
	25°C (N=720)	200	269	416	586	688
	26°C (N=550)	244	316	470	644	747
	27°C (N=297)	293	369	527	692	783
	28°C (N=244)	316	394	560	742	848
	29°C (N=219)	349	429	601	785	882
	30°C (N=195)	364	448	627	820	930
	31°C (N=138)	382	468	649	844	953
	32°C (N=135)	419	515	697	913	1034
	33°C (N=59)	443	537	711	932	1045
34°C (N=20)	484	586	710	965	1101	

別表 6. PHS モデルによる 1 時間作業時の WBGT 別、作業強度別最大総水分喪失予測量(ml)  
(暑熱馴化なし,  $I_{cl} = 1.1C_{lo}$ ,  $i_m = 0.45$ )

		代謝率				
		安静 (65W/m <sup>2</sup> )	低代謝率 (130W/m <sup>2</sup> )	中代謝率 (200W/m <sup>2</sup> )	高代謝率 (260W/m <sup>2</sup> )	極高代謝率 (300W/m <sup>2</sup> )
WBGT	18°C (N=247)	48	74	195	330	405
	19°C (N=327)	51	80	201	335	411
	20°C (N=421)	67	118	245	386	467
	21°C (N=505)	87	145	276	428	515
	22°C (N=624)	101	163	294	441	528
	23°C (N=670)	133	197	334	490	582
	24°C (N=648)	169	235	374	527	613
	25°C (N=720)	200	269	416	581	675
	26°C (N=550)	244	316	469	635	728
	27°C (N=297)	293	369	527	688	770
	28°C (N=244)	316	394	558	729	818
	29°C (N=219)	349	429	588	764	852
	30°C (N=195)	364	448	592	786	883
	31°C (N=138)	382	468	584	789	893
	32°C (N=135)	419	515	577	794	905
	33°C (N=59)	443	537	574	796	908
34°C (N=20)	484	569	573	795	913	

別表 7. PHS モデルによる 1 時間作業時の WBGT 別、作業強度別最大総水分喪失予測量(ml)  
(暑熱馴化あり, Icl = 0.9Clo, im = 0.25)

		代謝率				
		安静 (65W/m <sup>2</sup> )	低代謝率 (130W/m <sup>2</sup> )	中代謝率 (200W/m <sup>2</sup> )	高代謝率 (260W/m <sup>2</sup> )	極高代謝率 (300W/m <sup>2</sup> )
WBGT	18°C (N=247)	47	64	186	371	506
	19°C (N=327)	49	69	192	377	494
	20°C (N=421)	64	108	248	457	602
	21°C (N=505)	85	140	297	529	687
	22°C (N=624)	99	161	310	546	712
	23°C (N=670)	136	204	370	629	796
	24°C (N=648)	178	249	413	664	833
	25°C (N=720)	218	297	489	766	940
	26°C (N=550)	276	364	562	836	1000
	27°C (N=297)	344	439	634	882	1032
	28°C (N=244)	391	512	688	942	1089
	29°C (N=219)	452	567	725	970	1110
	30°C (N=195)	530	637	741	998	1137
	31°C (N=138)	579	660	725	985	1127
	32°C (N=135)	664	718	714	990	1136
	33°C (N=59)	680	722	711	986	1133
34°C (N=20)	711	699	709	985	1132	

別表 8. PHS モデルによる 1 時間作業時の WBGT 別、作業強度別最大総水分喪失予測量(ml)  
(暑熱馴化なし, Icl = 0.9Clo, im = 0.25)

		代謝率				
		安静 (65W/m <sup>2</sup> )	低代謝率 (130W/m <sup>2</sup> )	中代謝率 (200W/m <sup>2</sup> )	高代謝率 (260W/m <sup>2</sup> )	極高代謝率 (300W/m <sup>2</sup> )
WBGT	18°C (N=247)	47	64	186	371	506
	19°C (N=327)	49	69	192	377	494
	20°C (N=421)	64	108	248	457	602
	21°C (N=505)	85	140	297	529	687
	22°C (N=624)	99	161	310	546	712
	23°C (N=670)	136	204	370	629	796
	24°C (N=648)	178	249	413	664	833
	25°C (N=720)	218	297	489	766	940
	26°C (N=550)	276	364	562	836	1000
	27°C (N=297)	344	439	634	882	1032
	28°C (N=244)	391	512	688	942	1089
	29°C (N=219)	452	567	725	970	1110
	30°C (N=195)	530	637	741	998	1137
	31°C (N=138)	579	660	725	985	1127
	32°C (N=135)	664	718	714	990	1136
	33°C (N=59)	680	722	711	986	1133
34°C (N=20)	711	699	709	985	1132	

別表 9. PHS モデルによる 1 時間作業時の WBGT 別、作業強度別最大総水分喪失予測量(ml)  
(暑熱馴化あり, Icl = 0.9Clo, im = 0.35)

		代謝率				
		安静 (65W/m <sup>2</sup> )	低代謝率 (130W/m <sup>2</sup> )	中代謝率 (200W/m <sup>2</sup> )	高代謝率 (260W/m <sup>2</sup> )	極高代謝率 (300W/m <sup>2</sup> )
WBGT	18°C (N=247)	47	63	179	316	397
	19°C (N=327)	49	68	186	322	405
	20°C (N=421)	64	107	235	381	474
	21°C (N=505)	84	137	269	435	536
	22°C (N=624)	98	157	289	444	548
	23°C (N=670)	133	197	334	505	617
	24°C (N=648)	173	239	379	541	646
	25°C (N=720)	209	279	428	614	735
	26°C (N=550)	259	332	490	680	802
	27°C (N=297)	317	394	555	733	836
	28°C (N=244)	346	427	600	802	921
	29°C (N=219)	386	470	642	834	946
	30°C (N=195)	409	500	678	889	1010
	31°C (N=138)	433	526	696	907	1027
	32°C (N=135)	508	612	726	965	1095
	33°C (N=59)	521	620	717	972	1097
34°C (N=20)	622	691	710	984	1128	

別表 10. PHS モデルによる 1 時間作業時の WBGT 別、作業強度別最大総水分喪失予測量(ml)  
(暑熱馴化なし, Icl = 0.9Clo, im = 0.35)

		代謝率				
		安静 (65W/m <sup>2</sup> )	低代謝率 (130W/m <sup>2</sup> )	中代謝率 (200W/m <sup>2</sup> )	高代謝率 (260W/m <sup>2</sup> )	極高代謝率 (300W/m <sup>2</sup> )
WBGT	18°C (N=247)	47	63	179	316	397
	19°C (N=327)	49	68	186	322	404
	20°C (N=421)	64	107	235	381	470
	21°C (N=505)	84	137	269	429	523
	22°C (N=624)	98	157	289	444	538
	23°C (N=670)	133	197	334	499	600
	24°C (N=648)	173	239	379	537	633
	25°C (N=720)	209	279	428	603	707
	26°C (N=550)	259	332	487	663	765
	27°C (N=297)	317	394	551	720	811
	28°C (N=244)	346	427	583	762	859
	29°C (N=219)	386	470	606	793	888
	30°C (N=195)	409	500	601	809	913
	31°C (N=138)	433	525	586	803	913
	32°C (N=135)	500	572	576	801	916
	33°C (N=59)	520	582	574	799	916
34°C (N=20)	562	562	573	795	914	



別表 11.PHSモデルによる1時間作業時のWBGT別、作業強度別最大総水分喪失予測量(ml)  
(暑熱馴化あり,  $I_{cl} = 0.9C_{lo}$ ,  $i_m = 0.45$ )

		代謝率				
		安静 (65W/m <sup>2</sup> )	低代謝率 (130W/m <sup>2</sup> )	中代謝率 (200W/m <sup>2</sup> )	高代謝率 (260W/m <sup>2</sup> )	極高代謝率 (300W/m <sup>2</sup> )
WBGT	18°C (N=247)	47	63	177	305	371
	19°C (N=327)	49	68	184	310	376
	20°C (N=421)	63	106	231	363	432
	21°C (N=505)	84	136	263	401	479
	22°C (N=624)	97	156	284	419	492
	23°C (N=670)	132	194	326	470	550
	24°C (N=648)	171	236	372	512	588
	25°C (N=720)	205	273	415	565	650
	26°C (N=550)	254	324	472	628	714
	27°C (N=297)	309	383	536	688	767
	28°C (N=244)	334	410	569	731	820
	29°C (N=219)	370	449	614	781	870
	30°C (N=195)	386	467	637	812	906
	31°C (N=138)	405	488	662	836	929
	32°C (N=135)	443	533	708	908	1017
	33°C (N=59)	471	562	719	933	1027
34°C (N=20)	509	604	712	968	1096	

別表 12.PHSモデルによる1時間作業時のWBGT別、作業強度別最大総水分喪失予測量(ml)  
(暑熱馴化なし,  $I_{cl} = 0.9C_{lo}$ ,  $i_m = 0.45$ )

		代謝率				
		安静 (65W/m <sup>2</sup> )	低代謝率 (130W/m <sup>2</sup> )	中代謝率 (200W/m <sup>2</sup> )	高代謝率 (260W/m <sup>2</sup> )	極高代謝率 (300W/m <sup>2</sup> )
WBGT	18°C (N=247)	47	63	177	305	371
	19°C (N=327)	49	68	184	310	376
	20°C (N=421)	63	106	231	363	432
	21°C (N=505)	84	136	263	401	478
	22°C (N=624)	97	156	284	419	492
	23°C (N=670)	132	194	326	469	546
	24°C (N=648)	171	236	372	512	585
	25°C (N=720)	205	273	415	565	645
	26°C (N=550)	254	324	472	625	705
	27°C (N=297)	309	383	536	688	763
	28°C (N=244)	334	410	566	728	810
	29°C (N=219)	370	449	598	770	850
	30°C (N=195)	386	467	598	790	881
	31°C (N=138)	405	488	588	798	899
	32°C (N=135)	443	533	577	797	907
	33°C (N=59)	471	561	574	798	911
34°C (N=20)	508	577	573	795	914	

別表 13.PHS モデルによる 1 時間作業時の WBGT 別、作業強度別最大総水分喪失予測量(ml)  
(暑熱馴化あり, Icl = 0.7Clo, im = 0.25)

		代謝率				
		安静 (65W/m <sup>2</sup> )	低代謝率 (130W/m <sup>2</sup> )	中代謝率 (200W/m <sup>2</sup> )	高代謝率 (260W/m <sup>2</sup> )	極高代謝率 (300W/m <sup>2</sup> )
WBGT	18°C (N=247)	46	56	160	306	408
	19°C (N=327)	48	60	167	315	416
	20°C (N=421)	61	95	224	390	503
	21°C (N=505)	82	129	266	456	582
	22°C (N=624)	95	151	288	472	598
	23°C (N=670)	135	198	345	549	690
	24°C (N=648)	180	248	397	591	727
	25°C (N=720)	223	298	465	693	841
	26°C (N=550)	285	366	542	774	923
	27°C (N=297)	359	445	625	842	973
	28°C (N=244)	404	505	685	916	1053
	29°C (N=219)	464	570	727	956	1085
	30°C (N=195)	528	637	747	997	1133
	31°C (N=138)	579	666	736	997	1133
	32°C (N=135)	672	724	715	994	1138
	33°C (N=59)	691	727	711	988	1135
34°C (N=20)	712	699	709	985	1132	

別表 14.PHS モデルによる 1 時間作業時の WBGT 別、作業強度別最大総水分喪失予測量(ml)  
(暑熱馴化なし, Icl = 0.7Clo, im = 0.25)

		代謝率				
		安静 (65W/m <sup>2</sup> )	低代謝率 (130W/m <sup>2</sup> )	中代謝率 (200W/m <sup>2</sup> )	高代謝率 (260W/m <sup>2</sup> )	極高代謝率 (300W/m <sup>2</sup> )
WBGT	18°C (N=247)	46	56	160	306	405
	19°C (N=327)	48	60	167	314	407
	20°C (N=421)	61	95	224	388	490
	21°C (N=505)	82	129	266	445	558
	22°C (N=624)	95	151	288	464	579
	23°C (N=670)	135	198	343	533	655
	24°C (N=648)	180	248	395	579	695
	25°C (N=720)	223	298	459	663	784
	26°C (N=550)	285	366	528	731	848
	27°C (N=297)	359	445	597	795	903
	28°C (N=244)	403	501	621	827	934
	29°C (N=219)	463	554	615	830	940
	30°C (N=195)	517	589	591	812	926
	31°C (N=138)	549	600	577	803	921
	32°C (N=135)	589	576	575	798	918
	33°C (N=59)	575	563	574	797	916
34°C (N=20)	557	562	573	795	914	

別表 15.PHS モデルによる 1 時間作業時の WBGT 別、作業強度別最大総水分喪失予測量(ml)  
(暑熱馴化あり, Icl = 0.7Clo, im = 0.35)

		代謝率				
		安静 (65W/m <sup>2</sup> )	低代謝率 (130W/m <sup>2</sup> )	中代謝率 (200W/m <sup>2</sup> )	高代謝率 (260W/m <sup>2</sup> )	極高代謝率 (300W/m <sup>2</sup> )
WBGT	18°C (N=247)	46	55	157	284	352
	19°C (N=327)	48	60	164	291	358
	20°C (N=421)	61	95	218	350	422
	21°C (N=505)	81	127	254	394	480
	22°C (N=624)	94	149	277	413	490
	23°C (N=670)	132	193	324	471	557
	24°C (N=648)	175	241	375	517	597
	25°C (N=720)	215	284	425	582	675
	26°C (N=550)	271	343	490	653	748
	27°C (N=297)	336	411	563	722	808
	28°C (N=244)	367	445	605	782	885
	29°C (N=219)	412	491	654	828	923
	30°C (N=195)	434	518	687	878	985
	31°C (N=138)	460	546	710	902	1009
	32°C (N=135)	525	624	732	965	1085
	33°C (N=59)	554	644	719	977	1091
34°C (N=20)	640	701	709	986	1130	

別表 16.PHS モデルによる 1 時間作業時の WBGT 別、作業強度別最大総水分喪失予測量(ml)  
(暑熱馴化なし, Icl = 0.7Clo, im = 0.35)

		代謝率				
		安静 (65W/m <sup>2</sup> )	低代謝率 (130W/m <sup>2</sup> )	中代謝率 (200W/m <sup>2</sup> )	高代謝率 (260W/m <sup>2</sup> )	極高代謝率 (300W/m <sup>2</sup> )
WBGT	18°C (N=247)	46	55	157	284	352
	19°C (N=327)	48	60	164	291	358
	20°C (N=421)	61	95	218	350	422
	21°C (N=505)	81	127	254	394	475
	22°C (N=624)	94	149	277	413	490
	23°C (N=670)	132	193	324	469	551
	24°C (N=648)	175	241	375	516	593
	25°C (N=720)	215	284	425	579	666
	26°C (N=550)	271	343	489	646	734
	27°C (N=297)	336	411	558	717	797
	28°C (N=244)	367	445	592	763	850
	29°C (N=219)	412	491	614	799	887
	30°C (N=195)	434	518	606	815	916
	31°C (N=138)	460	545	588	811	921
	32°C (N=135)	521	585	576	803	919
	33°C (N=59)	549	584	574	799	918
34°C (N=20)	575	562	573	795	914	

別表 17.PHS モデルによる 1 時間作業時の WBGT 別、作業強度別最大総水分喪失予測量(ml)  
(暑熱馴化あり, Icl = 0.7Clo, im = 0.45)

		代謝率				
		安静 (65W/m <sup>2</sup> )	低代謝率 (130W/m <sup>2</sup> )	中代謝率 (200W/m <sup>2</sup> )	高代謝率 (280W/m <sup>2</sup> )	極高代謝率 (300W/m <sup>2</sup> )
WBGT	18°C (N=247)	46	55	156	279	340
	19°C (N=327)	48	60	163	285	346
	20°C (N=421)	61	94	216	341	404
	21°C (N=505)	81	126	251	379	445
	22°C (N=624)	94	148	274	402	466
	23°C (N=670)	131	191	320	452	520
	24°C (N=648)	174	238	370	503	568
	25°C (N=720)	212	280	417	555	625
	26°C (N=550)	266	336	479	622	695
	27°C (N=297)	328	401	551	694	762
	28°C (N=244)	356	431	585	734	808
	29°C (N=219)	398	475	635	787	862
	30°C (N=195)	413	493	657	815	896
	31°C (N=138)	435	516	684	844	922
	32°C (N=135)	476	561	722	913	1007
	33°C (N=59)	508	596	724	946	1029
34°C (N=20)	542	632	711	976	1093	

別表 18.PHS モデルによる 1 時間作業時の WBGT 別、作業強度別最大総水分喪失予測量(ml)  
(暑熱馴化なし, Icl = 0.7Clo, im = 0.45)

		代謝率				
		安静 (65W/m <sup>2</sup> )	低代謝率 (130W/m <sup>2</sup> )	中代謝率 (200W/m <sup>2</sup> )	高代謝率 (280W/m <sup>2</sup> )	極高代謝率 (300W/m <sup>2</sup> )
WBGT	18°C (N=247)	46	55	156	279	340
	19°C (N=327)	48	60	163	285	346
	20°C (N=421)	61	94	216	341	404
	21°C (N=505)	81	126	251	379	445
	22°C (N=624)	94	148	274	402	466
	23°C (N=670)	131	191	320	452	520
	24°C (N=648)	174	238	370	503	568
	25°C (N=720)	212	280	417	555	625
	26°C (N=550)	266	336	479	621	692
	27°C (N=297)	328	401	548	694	762
	28°C (N=244)	356	431	579	734	807
	29°C (N=219)	398	475	609	782	857
	30°C (N=195)	413	493	604	799	885
	31°C (N=138)	435	516	591	807	906
	32°C (N=135)	476	560	576	801	913
	33°C (N=59)	508	582	574	800	914
34°C (N=20)	540	570	573	795	915	

別表 19.PHSモデルによる1時間作業時のWBGT別、作業強度別最大総水分喪失予測量(ml)  
(暑熱馴化あり, Icl = 0.5Clo, im = 0.25)

		代謝率				
		安静 (65W/m <sup>2</sup> )	低代謝率 (130W/m <sup>2</sup> )	中代謝率 (200W/m <sup>2</sup> )	高代謝率 (260W/m <sup>2</sup> )	極高代謝率 (300W/m <sup>2</sup> )
WBGT	18°C (N=247)	48	51	128	264	339
	19°C (N=327)	49	56	138	270	346
	20°C (N=421)	59	84	200	341	428
	21°C (N=505)	80	117	243	402	501
	22°C (N=624)	91	138	269	417	516
	23°C (N=670)	134	190	326	491	599
	24°C (N=648)	182	247	386	544	643
	25°C (N=720)	229	301	449	633	751
	26°C (N=550)	298	373	532	721	842
	27°C (N=297)	379	458	622	806	912
	28°C (N=244)	423	508	681	885	1002
	29°C (N=219)	485	574	730	933	1045
	30°C (N=195)	525	624	752	986	1108
	31°C (N=138)	567	663	749	1000	1122
	32°C (N=135)	666	726	718	1010	1157
	33°C (N=59)	689	734	711	993	1139
34°C (N=20)	718	699	709	985	1132	

別表 20.PHSモデルによる1時間作業時のWBGT別、作業強度別最大総水分喪失予測量(ml)  
(暑熱馴化なし, Icl = 0.5Clo, im = 0.25)

		代謝率				
		安静 (65W/m <sup>2</sup> )	低代謝率 (130W/m <sup>2</sup> )	中代謝率 (200W/m <sup>2</sup> )	高代謝率 (260W/m <sup>2</sup> )	極高代謝率 (300W/m <sup>2</sup> )
WBGT	18°C (N=247)	54	53	95	225	294
	19°C (N=327)	54	56	102	233	299
	20°C (N=421)	59	76	167	307	378
	21°C (N=505)	79	108	218	360	440
	22°C (N=624)	88	125	249	386	460
	23°C (N=670)	135	183	314	458	537
	24°C (N=648)	188	248	383	524	597
	25°C (N=720)	239	309	446	602	686
	26°C (N=550)	319	393	530	690	775
	27°C (N=297)	417	491	609	786	870
	28°C (N=244)	467	541	639	835	926
	29°C (N=219)	534	599	633	861	966
	30°C (N=195)	555	608	607	848	967
	31°C (N=138)	587	613	578	819	947
	32°C (N=135)	595	578	575	799	922
	33°C (N=59)	577	563	574	797	916
34°C (N=20)	557	562	573	795	914	

別表 21.PHS モデルによる 1 時間作業時の WBGT 別、作業強度別最大総水分喪失予測量(ml)  
(暑熱馴化あり, Icl = 0.5Clo, im = 0.35)

		代謝率				
		安静 (65W/m <sup>2</sup> )	低代謝率 (130W/m <sup>2</sup> )	中代謝率 (200W/m <sup>2</sup> )	高代謝率 (260W/m <sup>2</sup> )	極高代謝率 (300W/m <sup>2</sup> )
WBGT	18°C (N=247)	48	51	127	254	316
	19°C (N=327)	49	56	136	261	322
	20°C (N=421)	59	83	197	324	388
	21°C (N=505)	79	115	237	367	436
	22°C (N=624)	90	136	263	392	457
	23°C (N=670)	132	186	316	449	522
	24°C (N=648)	179	242	374	505	573
	25°C (N=720)	223	291	428	567	642
	26°C (N=550)	288	358	499	644	721
	27°C (N=297)	363	435	582	725	797
	28°C (N=244)	398	473	623	775	858
	29°C (N=219)	450	526	678	834	916
	30°C (N=195)	470	548	702	872	962
	31°C (N=138)	496	576	728	899	989
	32°C (N=135)	552	637	737	968	1070
	33°C (N=59)	591	674	721	987	1086
34°C (N=20)	644	714	709	994	1132	

別表 22.PHS モデルによる 1 時間作業時の WBGT 別、作業強度別最大総水分喪失予測量(ml)  
(暑熱馴化なし, Icl = 0.5Clo, im = 0.35)

		代謝率				
		安静 (65W/m <sup>2</sup> )	低代謝率 (130W/m <sup>2</sup> )	中代謝率 (200W/m <sup>2</sup> )	高代謝率 (260W/m <sup>2</sup> )	極高代謝率 (300W/m <sup>2</sup> )
WBGT	18°C (N=247)	48	51	127	254	316
	19°C (N=327)	49	56	136	261	322
	20°C (N=421)	59	83	197	324	388
	21°C (N=505)	79	115	237	367	436
	22°C (N=624)	90	136	263	392	457
	23°C (N=670)	132	186	316	449	519
	24°C (N=648)	179	242	374	505	572
	25°C (N=720)	223	291	427	567	640
	26°C (N=550)	288	358	497	642	715
	27°C (N=297)	363	435	572	724	795
	28°C (N=244)	398	473	606	770	848
	29°C (N=219)	450	525	625	814	894
	30°C (N=195)	470	545	611	825	921
	31°C (N=138)	496	574	589	822	932
	32°C (N=135)	550	594	575	806	928
	33°C (N=59)	576	579	574	799	921
34°C (N=20)	574	562	573	795	914	

別表 23.PHS モデルによる 1 時間作業時の WBGT 別、作業強度別最大総水分喪失予測量(ml)  
(暑熱馴化あり, Icl = 0.5Clo, im = 0.45)

		代謝率				
		安静 (65W/m <sup>2</sup> )	低代謝率 (130W/m <sup>2</sup> )	中代謝率 (200W/m <sup>2</sup> )	高代謝率 (260W/m <sup>2</sup> )	極高代謝率 (300W/m <sup>2</sup> )
WBGT	18°C (N=247)	48	51	127	251	310
	19°C (N=327)	49	56	136	258	316
	20°C (N=421)	59	83	196	320	379
	21°C (N=505)	79	115	235	360	422
	22°C (N=624)	90	136	262	386	446
	23°C (N=670)	131	185	314	441	503
	24°C (N=648)	178	241	372	499	560
	25°C (N=720)	221	289	424	556	619
	26°C (N=550)	285	354	494	629	693
	27°C (N=297)	357	429	575	712	776
	28°C (N=244)	391	465	615	755	820
	29°C (N=219)	441	517	671	815	881
	30°C (N=195)	457	534	689	839	908
	31°C (N=138)	481	561	718	871	940
	32°C (N=135)	529	611	736	936	1013
	33°C (N=59)	564	650	725	976	1054
34°C (N=20)	588	675	710	989	1101	

別表 24.PHS モデルによる 1 時間作業時の WBGT 別、作業強度別最大総水分喪失予測量(ml)  
(暑熱馴化なし, Icl = 0.5Clo, im = 0.45)

		代謝率				
		安静 (65W/m <sup>2</sup> )	低代謝率 (130W/m <sup>2</sup> )	中代謝率 (200W/m <sup>2</sup> )	高代謝率 (260W/m <sup>2</sup> )	極高代謝率 (300W/m <sup>2</sup> )
WBGT	18°C (N=247)	48	51	127	254	316
	19°C (N=327)	49	56	136	261	322
	20°C (N=421)	59	83	197	324	388
	21°C (N=505)	79	115	237	367	436
	22°C (N=624)	90	136	263	392	457
	23°C (N=670)	132	186	316	449	519
	24°C (N=648)	179	242	374	505	572
	25°C (N=720)	223	291	427	567	640
	26°C (N=550)	288	358	497	642	715
	27°C (N=297)	363	435	572	724	795
	28°C (N=244)	398	473	606	770	848
	29°C (N=219)	450	525	625	814	894
	30°C (N=195)	470	545	611	825	921
	31°C (N=138)	496	574	589	822	932
	32°C (N=135)	550	594	575	806	928
	33°C (N=59)	576	579	574	799	921
34°C (N=20)	574	562	573	795	914	

別表 25.PHS モデルによる 1 時間作業時の WBGT 別、作業強度別最大総水分喪失予測量(ml)  
(暑熱馴化あり, Icl = 0.3Clo, im = 0.25)

		代謝率				
		安静 (65W/m <sup>2</sup> )	低代謝率 (130W/m <sup>2</sup> )	中代謝率 (200W/m <sup>2</sup> )	高代謝率 (260W/m <sup>2</sup> )	極高代謝率 (300W/m <sup>2</sup> )
WBGT	18°C (N=247)	54	53	95	225	294
	19°C (N=327)	54	56	102	233	299
	20°C (N=421)	59	76	167	307	378
	21°C (N=505)	79	108	218	360	444
	22°C (N=624)	88	125	249	386	461
	23°C (N=670)	135	183	315	459	542
	24°C (N=648)	188	248	384	525	602
	25°C (N=720)	239	309	451	604	695
	26°C (N=550)	319	393	539	699	790
	27°C (N=297)	417	491	642	800	884
	28°C (N=244)	468	543	696	873	971
	29°C (N=219)	540	616	753	938	1029
	30°C (N=195)	564	644	763	981	1085
	31°C (N=138)	602	683	759	1006	1109
	32°C (N=135)	682	738	721	1028	1169
	33°C (N=59)	712	738	711	1003	1165
	34°C (N=20)	726	702	709	985	1137

別表 26.PHS モデルによる 1 時間作業時の WBGT 別、作業強度別最大総水分喪失予測量(ml)  
(暑熱馴化なし, Icl = 0.3Clo, im = 0.25)

		代謝率				
		安静 (65W/m <sup>2</sup> )	低代謝率 (130W/m <sup>2</sup> )	中代謝率 (200W/m <sup>2</sup> )	高代謝率 (260W/m <sup>2</sup> )	極高代謝率 (300W/m <sup>2</sup> )
WBGT	18°C (N=247)	48	51	128	264	339
	19°C (N=327)	49	56	138	270	346
	20°C (N=421)	59	84	200	341	427
	21°C (N=505)	80	117	243	398	489
	22°C (N=624)	91	138	269	417	509
	23°C (N=670)	134	190	326	486	583
	24°C (N=648)	182	247	386	539	632
	25°C (N=720)	229	301	447	622	725
	26°C (N=550)	298	373	523	701	802
	27°C (N=297)	379	458	598	783	879
	28°C (N=244)	423	508	627	825	925
	29°C (N=219)	484	566	625	846	954
	30°C (N=195)	522	593	601	832	949
	31°C (N=138)	557	606	578	808	927
	32°C (N=135)	594	581	575	799	920
	33°C (N=59)	580	563	574	797	916
	34°C (N=20)	557	562	573	795	914



別表 27.PHSモデルによる1時間作業時のWBGT別、作業強度別最大総水分喪失予測量(ml)  
(暑熱馴化あり, Icl = 0.3Clo, im = 0.35)

		代謝率				
		安静 (65W/m <sup>2</sup> )	低代謝率 (130W/m <sup>2</sup> )	中代謝率 (200W/m <sup>2</sup> )	高代謝率 (260W/m <sup>2</sup> )	極高代謝率 (300W/m <sup>2</sup> )
WBGT	18°C (N=247)	54	53	94	221	284
	19°C (N=327)	54	56	102	229	289
	20°C (N=421)	59	76	166	300	362
	21°C (N=505)	79	107	215	346	410
	22°C (N=624)	88	125	247	375	437
	23°C (N=670)	134	181	310	439	503
	24°C (N=648)	186	245	379	507	569
	25°C (N=720)	236	304	441	573	638
	26°C (N=550)	313	385	524	658	726
	27°C (N=297)	407	477	621	757	820
	28°C (N=244)	453	524	669	809	876
	29°C (N=219)	520	593	729	882	950
	30°C (N=195)	536	610	739	908	979
	31°C (N=138)	568	643	755	943	1012
	32°C (N=135)	630	703	734	1005	1095
	33°C (N=59)	669	730	719	1019	1128
34°C (N=20)	692	725	709	999	1154	

別表 28.PHSモデルによる1時間作業時のWBGT別、作業強度別最大総水分喪失予測量(ml)  
(暑熱馴化なし, Icl = 0.3Clo, im = 0.35)

		代謝率				
		安静 (65W/m <sup>2</sup> )	低代謝率 (130W/m <sup>2</sup> )	中代謝率 (200W/m <sup>2</sup> )	高代謝率 (260W/m <sup>2</sup> )	極高代謝率 (300W/m <sup>2</sup> )
WBGT	18°C (N=247)	54	53	94	221	284
	19°C (N=327)	54	56	102	229	289
	20°C (N=421)	59	76	166	300	362
	21°C (N=505)	79	107	215	346	410
	22°C (N=624)	88	125	247	375	437
	23°C (N=670)	134	181	310	439	503
	24°C (N=648)	186	245	378	507	569
	25°C (N=720)	236	304	436	573	638
	26°C (N=550)	313	385	518	658	724
	27°C (N=297)	407	477	596	754	820
	28°C (N=244)	453	523	629	801	875
	29°C (N=219)	517	581	635	846	932
	30°C (N=195)	532	588	613	843	945
	31°C (N=138)	565	607	585	831	952
	32°C (N=135)	593	590	575	804	931
	33°C (N=59)	588	574	574	798	920
34°C (N=20)	561	562	573	795	914	

別表 29.PHS モデルによる 1 時間作業時の WBGT 別、作業強度別最大総水分喪失予測量(ml)  
(暑熱馴化あり, Icl = 0.3Clo, im = 0.45)

		代謝率				
		安静 (65W/m <sup>2</sup> )	低代謝率 (130W/m <sup>2</sup> )	中代謝率 (200W/m <sup>2</sup> )	高代謝率 (260W/m <sup>2</sup> )	極高代謝率 (300W/m <sup>2</sup> )
WBGT	18°C (N=247)	54	53	94	220	281
	19°C (N=327)	54	56	102	227	287
	20°C (N=421)	59	76	165	297	357
	21°C (N=505)	79	107	215	343	403
	22°C (N=624)	88	125	246	372	431
	23°C (N=670)	134	181	309	435	495
	24°C (N=648)	186	245	378	504	563
	25°C (N=720)	235	303	439	568	629
	26°C (N=550)	312	383	521	652	713
	27°C (N=297)	405	475	618	752	813
	28°C (N=244)	450	522	667	803	864
	29°C (N=219)	517	591	728	878	940
	30°C (N=195)	532	607	735	899	962
	31°C (N=138)	565	642	756	938	1002
	32°C (N=135)	628	705	740	1001	1077
	33°C (N=59)	665	731	720	1019	1122
34°C (N=20)	687	724	709	997	1144	

別表 30.PHS モデルによる 1 時間作業時の WBGT 別、作業強度別最大総水分喪失予測量(ml)  
(暑熱馴化なし, Icl = 0.3Clo, im = 0.45)

		代謝率				
		安静 (65W/m <sup>2</sup> )	低代謝率 (130W/m <sup>2</sup> )	中代謝率 (200W/m <sup>2</sup> )	高代謝率 (260W/m <sup>2</sup> )	極高代謝率 (300W/m <sup>2</sup> )
WBGT	18°C (N=247)	54	53	94	221	284
	19°C (N=327)	54	56	102	229	289
	20°C (N=421)	59	76	166	300	362
	21°C (N=505)	79	107	215	346	410
	22°C (N=624)	88	125	247	375	437
	23°C (N=670)	134	181	310	439	503
	24°C (N=648)	186	245	378	507	569
	25°C (N=720)	236	304	436	573	638
	26°C (N=550)	313	385	518	658	724
	27°C (N=297)	407	477	596	754	820
	28°C (N=244)	453	523	629	801	875
	29°C (N=219)	517	581	635	846	932
	30°C (N=195)	532	588	613	843	945
	31°C (N=138)	565	607	585	831	952
	32°C (N=135)	593	590	575	804	931
	33°C (N=59)	588	574	574	798	920
34°C (N=20)	561	562	573	795	914	

注) 東京、大阪、名古屋、福岡、広島、新潟の過去4年間(2006~2009)の6-9月の1時間毎の気象データベース(気象庁、国立環境研の webpage)からそれぞれの WBGT 値に対応する気象データ( $\pm 0.05^{\circ}\text{C}$ の範囲内)を選び出し、5段階の作業量(安静、低代謝、中代謝、高代謝、極高代謝)に対し、PHS モデルで予測される水分補給量を計算した。N は計算に用いた気象データの数を示す。平均的な日本人の成人男性(身長 170cm, 体重 65kg)の人が、暑熱馴化のあるなし(2種類)、3段階の顕熱抵抗(0.3, 0.5, 0.7clo)、3段階の透湿性(im = 0.25, 0.35, 0.45) (im 値)の衣服を着て1時間作業を行ったときの予測総水分喪失量を求めた(2×3×3=18条件)。十分な水分補給量を表すために、平均値に標準偏差の2倍を加えた値を ml 単位で示した。赤字は、1時間作業後の深部体温が ISO7933 の基準 38°C を越えていることを示し、青色の斜体字は、深部体温が 38.5°C を超えることを示す。背景色が黄色の所は ISO7243 の基準値を示し、青が基準値範囲内、ベージュは ISO7243 の基準値を超えるところを示している。

## 分担研究 2

### 2. 夏期建設業現場労働者の暑熱負担と必要水分補給量の評価

主任研究者 澤田晋一 労働安全衛生総合研究所 国際情報・研究振興センター長  
分担研究者 上野 哲 労働安全衛生総合研究所 主任研究員  
研究協力者 久永直見 愛知教育大学 教授  
山口さち子 労働安全衛生総合研究所 任期付研究員  
岡 龍雄 労働安全衛生総合研究所 主任研究員  
Thomas Bernard 南フロリダ大学公衆衛生大学院 教授

#### 研究要旨

熱中症予防に必要な水分摂取量を予測するため、夏期建設業現場労働者を対象に、水分摂取量、体重変化量、深部体温(尿温度)測定を1日6回休憩時に行った。心拍数、環境 WBGT は連続記録を行った。作業者の平均年齢は40.7歳であり、23名を対象にした。水分摂取量は、午前と午後の作業前半は体重の0.6%程度で、午後の後半では、1.0%程度だった。全水分喪失量に対する水分摂取の割合は、午前中では約55%、午後前半は35%、午後後半は75%であった。80%が推奨されているので、より多量な水分摂取が望まれる。最も暑熱ストレスが高かった午後前半の総水分喪失量の平均値は、中程度の代謝量を仮定した場合に暑熱ストレス予測モデルから作成した表に近い値であった。深部体温の指標として測定した尿温度は、作業開始時の36.8℃から午前中にかけて高くなり、昼食で一時低くなったが、午後休憩時の37.4℃強まで高くなった。尿比重・尿浸透圧は午前より午後が高い値を示した。心拍数が(180・年齢)を数分間超えるというACGIH-TLVの基準を超えた例が23名中4名いた。口渇感、温熱感とも午後の休憩時が高く、疲労感は次第に増し、業務終了時が最も高かった。聞き取り調査の結果、被験者の平均睡眠時間は6時間未満であり、喫煙率は83%にも上った。熱中症経験者が1割弱、作業場で見聞きした割合は83%にも上り、熱中症が建設業の重大な問題の一つであることが示された。

#### 1. はじめに

熱中症に関する業務上死亡災害発生事例には、水分を補給していたのに熱中症になったという事例が多く報告されている。そのため、現場労働者が十分な水分量を補給しているか、水分補給量を正確に測定し調査を行うことが本研究の第一の目的である。業種別熱中症発生件数で最も多いのは、建

設業労働者であり、平成18年～20年の業種別熱中症死亡発生状況合計では33名に上り、全業種の約2/3を占める。そのため、建設業従事者を対象に水分摂取量と総水分喪失量を測定する。生理的な暑熱負担の指標として、深部体温、心拍数の測定、アンケート調査等も同時に行う。

我々は、これまで負担予測モデル(PHS)<sup>1)</sup>