

Table S1. All-sky total (dR) and component (dRx) global mean radiation biases in each model; units: W m-2.

Model #	Model name	LW										SW										Net									
		dR	sumdR	dRts	dRta	dRq	dRalb	dRc	dCRE	res	dR	sumdR	dRts	dRta	dRq	dRalb	dRc	dCRE	res	dR	sumdR	dRts	dRta	dRq	dRalb	dRc	dCRE	res			
1	ACCESS-CM2	-1.34	-1.99	-0.38	0.70	1.03	0.00	-3.33	-3.31	0.65	0.90	1.63	0.00	0.00	0.08	0.68	0.87	0.97	-0.73	-0.43	-0.35	-0.38	0.70	1.11	0.68	-2.46	-2.35	-0.08			
2	BCC-ESM1	8.01	9.33	-0.27	2.36	3.68	0.00	3.56	3.12	-1.32	-7.73	-5.01	0.00	0.00	0.43	5.17	-10.61	-11.64	-2.72	0.28	4.32	-0.27	2.36	4.11	5.17	-7.06	-8.52	-4.04			
3	CanESM5	0.84	0.04	0.23	0.24	0.55	0.00	-0.97	-1.02	0.80	1.31	-0.90	0.00	0.00	0.00	-0.82	-0.08	0.28	2.21	2.15	-0.85	0.23	0.24	0.55	-0.82	-1.05	-0.73	3.01			
4	CAS-ESM2-0	4.19	3.42	-0.02	4.59	2.96	0.00	-4.10	-4.48	0.77	3.72	0.25	0.00	0.00	0.34	2.23	-2.32	-2.61	3.47	7.91	3.67	-0.02	4.59	3.30	2.23	-6.42	-7.10	4.23			
5	CESM2	2.17	1.01	-0.16	2.71	0.80	0.00	-2.34	-2.30	1.16	0.52	-1.30	0.00	0.00	0.18	0.76	-2.24	-2.23	1.81	2.69	-0.29	-0.16	2.71	0.98	0.76	-4.58	-4.52	2.97			
6	CIesm	1.88	1.60	-0.14	2.28	3.62	0.00	-4.15	-5.21	0.28	0.40	1.77	0.00	0.00	0.54	1.01	0.22	0.26	-1.36	2.28	3.37	-0.14	2.28	4.16	1.01	-3.93	-4.95	-1.09			
7	CMCC-CM2-SR5	1.16	0.53	-0.05	3.03	2.00	0.00	-4.45	-4.81	0.63	3.25	1.15	0.00	0.00	0.34	1.58	-0.77	-1.00	2.10	4.41	1.68	-0.05	3.03	2.34	1.58	-5.22	-5.81	2.73			
8	CNRM-ESM2-1	1.67	0.50	-0.17	5.82	-0.57	0.00	-4.59	-3.68	1.17	-1.47	-2.22	0.00	0.00	0.00	0.59	-2.82	-2.82	0.75	0.20	-1.72	-0.17	5.82	-0.57	0.59	-7.40	-6.50	1.93			
9	E3SM-1-0	1.05	0.38	-0.12	1.15	0.88	0.00	-1.52	-1.50	0.67	-1.57	-3.10	0.00	0.00	0.27	0.65	-4.02	-4.04	1.53	-0.51	-2.72	-0.12	1.15	1.15	0.65	-5.54	-5.54	2.20			
10	EC-Earth3	0.47	-0.88	-0.21	-0.07	-0.58	0.00	-0.01	0.36	1.35	-1.59	-1.37	0.00	0.00	-0.09	-0.47	-0.82	-0.58	-0.21	-1.11	-2.25	-0.21	-0.07	-0.67	-0.47	-0.83	-0.22	1.14			
11	FGOALS-g3	5.11	6.38	0.16	5.99	-0.22	0.00	0.44	0.85	-1.27	-4.31	-1.81	0.00	0.00	-0.01	0.44	-2.23	-2.16	-2.51	0.80	4.57	0.16	5.99	-0.23	0.44	-1.79	-1.31	-3.78			
12	GFDL-CM4	1.18	-2.82	-0.03	0.11	-0.24	0.00	-2.66	-2.48	3.99	-1.47	-3.59	0.00	0.00	0.00	-0.39	-3.20	-2.88	2.12	-0.29	-6.40	-0.03	0.11	-0.24	-0.39	-5.86	-5.35	6.11			
13	GISS-E2-2-G	6.78	1.41	0.17	4.91	-1.19	0.00	-2.47	-1.55	5.37	-7.75	-5.12	0.00	0.00	-0.17	1.04	-5.99	-6.16	-2.63	-0.97	-3.71	0.17	4.91	-1.36	1.04	-8.46	-7.71	2.74			
14	HadGEM3-GC31-	-0.77	-2.02	-0.32	0.67	1.08	0.00	-3.44	-3.44	1.24	0.22	0.36	0.00	0.00	0.08	-0.56	0.84	1.34	-0.14	-0.55	-1.66	-0.32	0.67	1.16	-0.56	-2.60	-2.10	1.10			
15	IIITM-ESM	5.08	3.46	-0.75	0.75	-1.15	0.00	4.60	5.44	1.61	-8.98	-7.73	0.00	0.00	0.03	2.00	-9.77	-9.96	-1.25	-3.90	-4.27	-0.75	0.75	-1.12	2.00	-5.16	-4.53	0.37			
16	INM-CM5-0	-1.46	-0.15	-0.09	-0.78	2.50	0.00	-1.79	-2.92	-1.31	0.35	-1.24	0.00	0.00	0.31	-4.02	2.48	4.01	1.59	-1.11	-1.39	-0.09	-0.78	2.81	-4.02	0.69	1.09	0.28			
17	IPSL-CM6A-LR	2.34	1.95	0.06	2.88	0.12	0.00	-1.12	-1.12	0.39	-0.92	-2.64	0.00	0.00	0.15	0.24	-3.03	-2.92	1.72	1.42	-0.69	0.06	2.88	0.27	0.24	-4.15	-4.04	2.11			
18	MIROC-ES2L	10.48	4.48	-0.87	2.11	2.24	0.00	0.99	1.37	6.00	-10.34	-10.23	0.00	0.00	0.36	2.11	-12.70	-12.82	-0.11	0.14	-5.75	-0.87	2.11	2.60	2.11	-11.71	-11.45	5.89			
19	MPI-ESM1-2-LR	1.64	0.76	-0.37	-0.45	2.58	0.00	-1.01	-1.52	0.89	-2.43	-2.04	0.00	0.00	0.34	0.01	-2.40	-2.09	-0.38	-0.78	-1.29	-0.37	-0.45	2.93	0.01	-3.41	-3.61	0.50			
20	MRI-ESM2-0	1.20	-0.28	-0.22	-0.31	1.90	0.00	-1.65	-1.92	1.48	0.15	-2.13	0.00	0.00	0.19	-2.58	0.26	1.35	2.29	1.35	-2.41	-0.22	-0.31	2.09	-2.58	-1.39	-0.57	3.76			
21	NESM3	3.96	3.39	-0.35	-1.10	4.12	0.00	0.73	-0.38	0.57	-3.42	-2.67	0.00	0.00	0.54	-0.07	-3.14	-2.71	-0.75	0.54	0.72	-0.35	-1.10	4.66	-0.07	-2.41	-3.09	-0.18			
22	NorCPM1	5.08	8.63	0.08	2.35	2.46	0.00	3.74	3.36	-3.54	-6.52	-9.38	0.00	0.00	0.29	0.77	-10.44	-10.39	2.86	-1.44	-0.75	0.08	2.35	2.75	0.77	-6.70	-7.03	-0.69			
23	SAM0-UNICON	1.50	1.00	0.13	2.01	1.78	0.00	-2.91	-3.27	0.50	0.10	-2.44	0.00	0.00	0.29	0.63	-3.36	-3.28	2.54	1.60	-1.44	0.13	2.01	2.07	0.63	-6.28	-6.55	3.04			
24	UKESM1-0-LL	-0.63	-2.17	-0.38	0.70	1.14	0.00	-3.63	-3.66	1.55	0.18	-0.25	0.00	0.00	0.08	-0.89	0.57	1.16	0.43	-0.45	-2.42	-0.38	0.70	1.21	-0.89	-3.06	-2.50	1.97			
	multi-model mear	2.57	1.58	-0.17	1.78	1.31	0.00	-1.34	-1.42	0.98	-1.97	-2.50	0.00	0.00	0.19	0.42	-3.11	-2.96	0.53	0.59	-0.92	-0.17	1.78	1.50	0.42	-4.45	-4.37	1.51			

Table S2. Clear-sky total (dR) and component (dRx) global mean radiation biases in each model; units: W m⁻².

Model #	Model name	dR	sum(dRx)	dRts	LW				dR	sum(dRx)	dRts	SW				dR	sum(dRx)	dRts	Net			
					dRta	dRq	dRalb	res				dRta	dRq	dRalb	res				dRta	dRq	dRalb	res
1	ACCESS-CM2	1.98	1.33	-0.56	0.61	1.28	0.00	0.65	-0.06	0.66	0.00	0.00	-0.02	0.69	-0.73	1.91	1.99	-0.56	0.61	1.26	0.69	-0.08
2	BCC-ESM1	4.89	6.21	-0.41	2.10	4.53	0.00	-1.32	3.90	6.63	0.00	0.00	0.21	6.41	-2.72	8.80	12.84	-0.41	2.10	4.74	6.41	-4.04
3	CanESM5	1.86	1.06	0.25	0.24	0.56	0.00	0.80	1.03	-1.18	0.00	0.00	-0.02	-1.16	2.21	2.89	-0.12	0.25	0.24	0.54	-1.16	3.01
4	CAS-ESM2-0	8.67	7.90	0.04	4.27	3.59	0.00	0.77	6.33	2.87	0.00	0.00	0.17	2.69	3.47	15.00	10.77	0.04	4.27	3.76	2.69	4.23
5	CESM2	4.47	3.30	-0.29	2.50	1.09	0.00	1.16	2.74	0.93	0.00	0.00	0.09	0.85	1.81	7.21	4.24	-0.29	2.50	1.18	0.85	2.97
6	CIESM	7.09	6.82	-0.13	2.27	4.68	0.00	0.28	0.14	1.50	0.00	0.00	0.29	1.21	-1.36	7.23	8.32	-0.13	2.27	4.96	1.21	-1.09
7	CMCC-CM2-SR5	5.97	5.34	-0.03	2.76	2.61	0.00	0.63	4.25	2.15	0.00	0.00	0.20	1.96	2.10	10.22	7.49	-0.03	2.76	2.81	1.96	2.73
8	CNRM-ESM2-1	5.35	4.18	-0.30	5.18	-0.71	0.00	1.17	1.35	0.60	0.00	0.00	-0.01	0.61	0.75	6.70	4.78	-0.30	5.18	-0.72	0.61	1.93
9	E3SM-1-0	2.55	1.88	-0.32	0.99	1.20	0.00	0.67	2.47	0.94	0.00	0.00	0.18	0.76	1.53	5.02	2.82	-0.32	0.99	1.38	0.76	2.20
10	EC-Earth3	0.12	-1.23	-0.42	-0.16	-0.65	0.00	1.35	-1.01	-0.80	0.00	0.00	-0.10	-0.70	-0.21	-0.89	-2.03	-0.42	-0.16	-0.75	-0.70	1.14
11	FGOALS-g3	4.26	5.53	0.27	5.68	-0.43	0.00	-1.27	-2.15	0.36	0.00	0.00	-0.04	0.39	-2.51	2.11	5.88	0.27	5.68	-0.46	0.39	-3.78
12	GFDL-CM4	3.65	-0.34	0.01	0.00	-0.35	0.00	3.99	1.41	-0.71	0.00	0.00	-0.01	-0.70	2.12	5.06	-1.05	0.01	0.00	-0.36	-0.70	6.11
13	GISS-E2-2-G	8.33	2.96	0.11	4.52	-1.67	0.00	5.37	-1.59	1.04	0.00	0.00	-0.08	1.13	-2.63	6.74	4.00	0.11	4.52	-1.75	1.13	2.74
14	HadGEM3-GC31-LL	2.67	1.43	-0.49	0.59	1.33	0.00	1.24	-1.12	-0.98	0.00	0.00	-0.02	-0.96	-0.14	1.55	0.45	-0.49	0.59	1.31	-0.96	1.10
15	IITM-ESM	-0.36	-1.97	-0.99	0.53	-1.52	0.00	1.61	0.98	2.23	0.00	0.00	0.03	2.19	-1.25	0.62	0.25	-0.99	0.53	-1.48	2.19	0.37
16	INM-CM5-0	1.46	2.77	-0.07	-0.39	3.22	0.00	-1.31	-3.66	-5.25	0.00	0.00	0.14	-5.39	1.59	-2.20	-2.48	-0.07	-0.39	3.36	-5.39	0.28
17	IPSL-CM6A-LR	3.46	3.07	0.05	2.75	0.27	0.00	0.39	2.00	0.28	0.00	0.00	0.10	0.19	1.72	5.46	3.35	0.05	2.75	0.37	0.19	2.11
18	MIROC-ES2L	9.11	3.11	-1.24	1.72	2.63	0.00	6.00	2.48	2.59	0.00	0.00	0.21	2.37	-0.11	11.59	5.70	-1.24	1.72	2.85	2.37	5.89
19	MPI-ESM1-2-LR	3.16	2.27	-0.55	-0.40	3.22	0.00	0.89	-0.33	0.05	0.00	0.00	0.18	-0.13	-0.38	2.83	2.32	-0.55	-0.40	3.40	-0.13	0.50
20	MRI-ESM2-0	3.12	1.64	-0.35	-0.40	2.39	0.00	1.48	-1.20	-3.49	0.00	0.00	0.08	-3.57	2.29	1.92	-1.85	-0.35	-0.40	2.48	-3.57	3.76
21	NESM3	4.34	3.77	-0.53	-0.99	5.29	0.00	0.57	-0.71	0.04	0.00	0.00	0.29	-0.25	-0.75	3.63	3.81	-0.53	-0.99	5.58	-0.25	-0.18
22	NorCPM1	1.73	5.27	0.08	2.12	3.07	0.00	-3.54	3.87	1.01	0.00	0.00	0.13	0.87	2.86	5.59	6.28	0.08	2.12	3.20	0.87	-0.69
23	SAM0-UNICON	4.77	4.27	0.22	1.73	2.31	0.00	0.50	3.38	0.84	0.00	0.00	0.14	0.70	2.54	8.15	5.11	0.22	1.73	2.45	0.70	3.04
24	UKESM1-0-LL	3.03	1.48	-0.54	0.63	1.39	0.00	1.55	-0.98	-1.40	0.00	0.00	-0.02	-1.38	0.43	2.05	0.08	-0.54	0.63	1.37	-1.38	1.97
	multi-model mean	3.99	3.00	-0.26	1.62	1.64	0.00	0.98	0.98	0.45	0.00	0.00	0.09	0.37	0.53	4.97	3.46	-0.26	1.62	1.73	0.37	1.51

Table S3. The standard deviation (STD) of the biases in the global mean radiation fluxes of all the models examined.

CMIP6 model bias	overall radiation biases					
	2.93	3.71	2.24	2.46	2.35	3.96
kernel-diagnosed component radiation biases						
total bias	3.10	3.07	2.82	2.40	2.20	3.91
surface (land) temperature	0.26	---	0.26	0.37	---	0.37
atmospheric temperature	1.98	---	1.98	1.83	---	1.83
water vapor	1.51	0.19	1.69	1.92	0.11	2.02
surface albedo		1.69	1.69	---	2.17	2.17
cloud	2.55	3.96	2.76	---	---	---
residual	1.96	1.78	2.45	1.96	1.78	2.45

Table S4. The spatial correlation (cor) between the globally distributed component and total radiation biases in all-sky.

Model #	Model name	LW										SW										Net									
		dR	sumdR	dRts	dRta	dRq	dRab	dRc	dCRE	res	dR	sumdR	dRts	dRta	dRq	dRab	dRc	dCRE	res	dR	sumdR	dRts	dRta	dRq	dRab	dRc	dCRE	res			
1	ACCESS-CM2	1.00	0.95	0.24	0.45	0.49	0.00	0.93	0.90	-0.02	1.00	0.75	0.00	0.00	-0.15	0.20	0.79	0.72	0.02	1.00	0.74	0.24	0.45	0.20	0.20	0.66	0.59	-0.01			
2	BCC-ESM1	1.00	0.94	0.26	0.20	0.46	0.00	0.88	0.83	-0.10	1.00	0.87	0.00	0.00	0.01	0.36	0.84	0.79	-0.10	1.00	0.85	0.26	0.20	0.22	0.36	0.72	0.63	-0.15			
3	CanESM5	1.00	0.92	0.20	0.16	0.57	0.00	0.87	0.82	-0.06	1.00	0.77	0.00	0.00	-0.13	0.30	0.73	0.65	0.05	1.00	0.74	0.20	0.16	0.21	0.30	0.69	0.63	0.08			
4	CAS-ESM2-0	1.00	0.96	0.11	0.16	0.64	0.00	0.91	0.90	0.07	1.00	0.91	0.00	0.00	0.29	0.32	0.88	0.85	-0.11	1.00	0.86	0.11	0.16	-0.05	0.32	0.85	0.80	-0.10			
5	CESM2	1.00	0.91	0.19	0.17	0.51	0.00	0.88	0.86	-0.06	1.00	0.76	0.00	0.00	-0.19	0.18	0.85	0.82	0.00	1.00	0.75	0.19	0.17	0.07	0.19	0.81	0.76	-0.06			
6	CIEM	1.00	0.88	0.32	0.34	0.20	0.00	0.82	0.79	-0.01	1.00	0.85	0.00	0.00	0.34	0.09	0.91	0.90	0.05	1.00	0.86	0.32	0.34	-0.15	0.09	0.92	0.89	-0.04			
7	CMCC-CM2-SR5	1.00	0.87	0.22	0.15	0.29	0.00	0.86	0.82	0.00	1.00	0.84	0.00	0.00	0.21	0.35	0.88	0.81	-0.09	1.00	0.86	0.22	0.15	-0.05	0.35	0.86	0.73	-0.22			
8	CNRM-ESM2-1	1.00	0.92	0.17	0.12	0.69	0.00	0.84	0.81	-0.02	1.00	0.82	0.00	0.00	0.04	0.20	0.81	0.78	0.12	1.00	0.80	0.17	0.12	0.19	0.20	0.77	0.74	0.10			
9	ECMWF-1-0	1.00	0.90	0.19	-0.02	0.66	0.00	0.85	0.81	-0.09	1.00	0.77	0.00	0.00	-0.03	0.21	0.83	0.79	-0.01	1.00	0.76	0.19	-0.02	0.13	0.21	0.81	0.77	-0.04			
10	EC-Earth3	1.00	0.77	-0.11	0.15	0.63	0.00	0.79	0.63	0.28	1.00	0.81	0.00	0.00	0.11	0.29	0.80	0.73	0.12	1.00	0.82	-0.11	0.15	0.36	0.29	0.85	0.80	0.16			
11	FGOALS-g3	1.00	0.94	0.28	0.16	0.63	0.00	0.89	0.77	0.03	1.00	0.79	0.00	0.00	0.00	0.19	0.79	0.74	0.10	1.00	0.81	0.28	0.16	0.29	0.19	0.81	0.76	0.04			
12	GFCL-CM4	1.00	0.83	0.23	0.05	0.62	0.00	0.84	0.79	-0.04	1.00	0.68	0.00	0.00	-0.08	0.24	0.71	0.66	0.04	1.00	0.66	0.23	0.05	0.20	0.24	0.67	0.61	0.03			
13	GISS-EP2-2-G	1.00	0.84	0.28	0.02	0.56	0.00	0.78	0.71	-0.05	1.00	0.75	0.00	0.00	-0.08	0.31	0.72	0.68	0.03	1.00	0.78	0.28	0.02	0.32	0.31	0.69	0.64	0.05			
14	HadGEM3-GC31-LL	1.00	0.95	0.18	0.43	0.46	0.00	0.95	0.94	-0.14	1.00	0.73	0.00	0.00	-0.16	0.14	0.81	0.76	0.03	1.00	0.77	0.18	0.43	0.11	0.14	0.70	0.63	-0.09			
15	ITM-ESM	1.00	0.96	0.25	0.05	0.66	0.00	0.94	0.91	-0.11	1.00	0.94	0.00	0.00	0.26	0.34	0.89	0.86	-0.15	1.00	0.94	0.25	0.05	0.23	0.34	0.87	0.84	-0.14			
16	INM-CM5-0	1.00	0.95	0.42	0.41	0.24	0.00	0.93	0.89	-0.08	1.00	0.80	0.00	0.00	-0.07	0.43	0.75	0.69	-0.04	1.00	0.84	0.42	0.41	-0.18	0.43	0.76	0.69	-0.10			
17	IPSL-CM6A-LR	1.00	0.89	0.01	0.36	0.55	0.00	0.76	0.74	0.20	1.00	0.77	0.00	0.00	-0.12	0.21	0.79	0.76	0.14	1.00	0.74	0.01	0.36	0.19	0.21	0.75	0.73	0.14			
18	MIROC-ES2L	1.00	0.95	0.53	0.08	0.70	0.00	0.82	0.71	0.03	1.00	0.93	0.00	0.00	0.40	0.46	0.88	0.84	-0.25	1.00	0.90	0.53	0.08	-0.05	0.46	0.88	0.86	-0.20			
19	MPI-ESM1-2-LR	1.00	0.94	0.08	0.27	0.50	0.00	0.92	0.89	-0.12	1.00	0.82	0.00	0.00	-0.22	0.21	0.86	0.81	-0.03	1.00	0.79	0.08	0.27	0.19	0.21	0.79	0.74	-0.06			
20	MRI-ESM2-0	1.00	0.86	0.14	-0.11	0.53	0.00	0.85	0.81	0.04	1.00	0.72	0.00	0.00	-0.19	0.45	0.53	0.36	0.05	1.00	0.72	0.14	-0.11	0.24	0.45	0.39	0.17	0.05			
21	NESM3	1.00	0.96	0.12	-0.04	0.75	0.00	0.93	0.92	-0.15	1.00	0.84	0.00	0.00	-0.01	0.23	0.88	0.84	-0.10	1.00	0.79	0.12	-0.04	0.38	0.23	0.73	0.67	-0.02			
22	NorCPM1	1.00	0.93	0.23	0.26	0.34	0.00	0.89	0.88	-0.12	1.00	0.86	0.00	0.00	-0.08	0.15	0.90	0.88	-0.12	1.00	0.82	0.23	0.26	-0.24	0.15	0.85	0.82	-0.03			
23	SAM0-UNICON	1.00	0.90	0.37	0.37	0.09	0.00	0.81	0.72	0.02	1.00	0.71	0.00	0.00	-0.04	0.17	0.76	0.73	0.05	1.00	0.78	0.37	0.37	0.12	0.17	0.83	0.80	-0.12			
24	UKESM1-0-LL	1.00	0.95	0.27	0.46	0.43	0.00	0.95	0.93	-0.23	1.00	0.73	0.00	0.00	-0.16	0.15	0.80	0.75	0.03	1.00	0.76	0.27	0.46	0.13	0.15	0.70	0.61	-0.16			
	multi-model mean	1.00	0.84	0.16	0.17	0.55	0.00	0.83	0.80	-0.05	1.00	0.69	0.00	0.00	0.04	0.15	0.80	0.79	-0.03	1.00	0.70	0.09	0.16	-0.06	0.12	0.78	0.77	-0.06			

Table S5. The spatial correlation (cor) between the globally distributed component and total radiation biases in clear-sky.

Model #	Model name	dR	sum(dRx)	dRts	LW				dR	sum(dRx)	dRts	SW				dR	sum(dRx)	dRts	Net			
					dRta	dRq	dRalb	res				dRta	dRq	dRalb	res				dRta	dRq	dRalb	res
1	ACCESS-CM2	1.00	0.78	0.45	0.23	0.61	0.00	0.21	1.00	0.56	0.00	0.00	0.11	0.56	0.21	1.00	0.61	0.45	0.23	0.41	0.56	0.28
2	BCC-ESM1	1.00	0.81	0.59	0.25	0.43	0.00	0.08	1.00	0.71	0.00	0.00	0.13	0.70	0.05	1.00	0.77	0.59	0.25	0.51	0.70	0.00
3	CanESM5	1.00	0.77	0.60	0.43	0.17	0.00	0.12	1.00	0.64	0.00	0.00	0.11	0.63	0.24	1.00	0.63	0.60	0.43	0.26	0.63	0.25
4	CAS-ESM2-0	1.00	0.81	0.49	0.36	0.49	0.00	0.23	1.00	0.73	0.00	0.00	0.61	0.73	-0.01	1.00	0.70	0.49	0.36	0.19	0.73	0.03
5	CESM2	1.00	0.63	0.40	0.37	0.29	0.00	0.29	1.00	0.32	0.00	0.00	-0.08	0.32	0.41	1.00	0.39	0.40	0.37	0.23	0.32	0.36
6	CIESM	1.00	0.70	0.53	0.50	0.02	0.00	0.19	1.00	0.33	0.00	0.00	0.05	0.33	0.43	1.00	0.41	0.53	0.50	0.34	0.33	0.38
7	CMCC-CM2-SR5	1.00	0.61	0.47	0.35	0.16	0.00	0.26	1.00	0.55	0.00	0.00	0.33	0.55	0.19	1.00	0.68	0.47	0.35	0.06	0.55	0.06
8	CNRM-ESM2-1	1.00	0.72	0.39	0.31	0.41	0.00	0.39	1.00	0.51	0.00	0.00	0.20	0.50	0.51	1.00	0.55	0.39	0.31	0.20	0.50	0.49
9	E3SM-1-0	1.00	0.69	0.54	0.43	0.31	0.00	0.27	1.00	0.48	0.00	0.00	0.35	0.47	0.28	1.00	0.46	0.54	0.43	0.23	0.47	0.29
10	EC-Earth3	1.00	0.13	-0.07	0.30	0.22	0.00	0.71	1.00	0.58	0.00	0.00	0.35	0.57	0.41	1.00	0.56	-0.07	0.30	0.34	0.57	0.31
11	FGOALS-g3	1.00	0.84	0.72	0.29	0.29	0.00	0.29	1.00	0.60	0.00	0.00	0.29	0.59	0.35	1.00	0.58	0.72	0.29	0.29	0.59	0.27
12	GFDL-CM4	1.00	0.55	0.43	0.21	0.35	0.00	0.27	1.00	0.42	0.00	0.00	0.21	0.42	0.39	1.00	0.38	0.43	0.21	0.30	0.42	0.45
13	GISS-E2-2-G	1.00	0.52	0.51	-0.16	0.25	0.00	0.61	1.00	0.47	0.00	0.00	0.06	0.46	0.50	1.00	0.57	0.51	-0.16	0.09	0.46	0.47
14	HadGEM3-GC31-LL	1.00	0.70	0.37	0.26	0.56	0.00	0.09	1.00	0.49	0.00	0.00	0.14	0.49	0.27	1.00	0.61	0.37	0.26	0.41	0.49	0.25
15	IITM-ESM	1.00	0.80	0.55	0.23	0.53	0.00	0.05	1.00	0.79	0.00	0.00	0.35	0.79	0.06	1.00	0.79	0.55	0.23	0.23	0.79	0.11
16	INM-CM5-0	1.00	0.82	0.62	0.54	0.35	0.00	0.06	1.00	0.61	0.00	0.00	0.17	0.62	0.22	1.00	0.67	0.62	0.54	0.10	0.62	0.24
17	IPSL-CM6A-LR	1.00	0.73	0.27	0.53	0.49	0.00	0.48	1.00	0.38	0.00	0.00	0.31	0.37	0.59	1.00	0.39	0.27	0.53	0.45	0.37	0.59
18	MIROC-ES2L	1.00	0.89	0.80	0.17	0.45	0.00	0.28	1.00	0.78	0.00	0.00	0.50	0.78	-0.04	1.00	0.63	0.80	0.17	0.22	0.78	0.22
19	MPI-ESM1-2-LR	1.00	0.72	0.44	0.18	0.49	0.00	0.18	1.00	0.53	0.00	0.00	0.09	0.53	0.26	1.00	0.55	0.44	0.18	0.34	0.53	0.32
20	MRI-ESM2-0	1.00	0.53	0.35	0.02	0.40	0.00	0.47	1.00	0.73	0.00	0.00	-0.14	0.73	0.22	1.00	0.77	0.35	0.02	0.39	0.73	0.25
21	NESM3	1.00	0.80	0.38	0.06	0.66	0.00	0.09	1.00	0.51	0.00	0.00	0.10	0.52	0.26	1.00	0.60	0.38	0.06	0.50	0.52	0.31
22	NorCPM1	1.00	0.70	0.55	0.52	0.01	0.00	0.21	1.00	0.39	0.00	0.00	0.11	0.39	0.44	1.00	0.49	0.55	0.52	0.32	0.39	0.37
23	SAM0-UNICON	1.00	0.81	0.69	0.78	-0.13	0.00	0.14	1.00	0.34	0.00	0.00	-0.37	0.36	0.53	1.00	0.34	0.69	0.78	0.20	0.36	0.39
24	UKESM1-0-LL	1.00	0.70	0.42	0.20	0.55	0.00	0.05	1.00	0.51	0.00	0.00	0.11	0.51	0.22	1.00	0.61	0.42	0.20	0.44	0.51	0.19
	multi-model mean	1.00	0.53	0.29	0.23	0.41	0.00	0.31	1.00	0.24	0.00	0.00	0.02	0.25	0.43	1.00	0.28	-0.02	-0.05	0.30	0.20	0.45

Table S6. The root-mean-square of the biases at every grid point across the globe in each model. Units: $W\ m^{-2}$.

Model #	Model name	LW	all-sky			LW	clear-sky		
			SW	Net			SW	Net	
1	ACCESS-CM2	8.60	9.06	7.51		4.11	5.16	6.36	
2	BCC-ESM1	11.15	15.48	10.42		6.06	8.09	11.49	
3	CanESM5	7.09	9.86	8.95		3.76	7.38	7.45	
4	CAS-ESM2-0	10.90	16.76	14.81		9.34	9.10	16.31	
5	CESM2	6.21	9.26	8.03		5.13	5.32	8.70	
6	CIESM	5.67	12.30	11.19		7.62	4.89	8.80	
7	CMCC-CM2-SF	5.20	10.73	9.89		6.44	6.68	11.57	
8	CNRM-ESM2-1	6.94	12.44	10.88		6.33	7.07	9.34	
9	E3SM-1-0	5.35	9.36	7.97		3.66	5.79	7.06	
10	EC-Earth3	5.23	10.73	11.24		2.61	7.35	6.73	
11	FGOALS-g3	9.84	11.80	10.46		5.80	7.05	6.57	
12	GFDL-CM4	4.63	7.81	7.10		4.34	5.85	7.69	
13	GISS-E2-2-G	9.04	14.25	12.60		9.11	9.12	11.70	
14	HadGEM3-GC3	8.43	8.86	7.50		3.89	5.36	6.27	
15	IITM-ESM	11.33	23.54	20.05		4.21	9.41	9.13	
16	INM-CM5-0	8.71	12.70	11.86		4.16	9.68	9.15	
17	IPSL-CM6A-LR	6.22	11.30	9.93		4.85	7.26	8.61	
18	MIROC-ES2L	13.82	20.89	15.21		10.26	8.14	13.54	
19	MPI-ESM1-2-L	7.80	11.36	8.69		4.33	5.56	6.16	
20	MRI-ESM2-0	5.04	8.10	7.52		3.96	8.96	9.36	
21	NESM3	10.62	12.33	8.69		5.71	5.49	7.10	
22	NorCPM1	9.37	14.84	10.41		3.59	6.92	8.12	
23	SAM0-UNICON	6.09	8.42	8.52		5.71	6.24	9.36	
24	UKESM1-0-LL	8.10	8.83	7.31		4.13	5.51	6.53	
	multi-model me	4.90	7.45	6.41		4.55	4.58	6.66	