Table S1. Gibbs free formation energies (ΔG, kcal/mol) of clusters in the present study at different temperatures.

Clusters	ΔG (kcal/mol)	
	280 K (Lu et al., 2020)	260 K
$(TFA)_2$	-5.76	-6.51
$(TFA)_3$	-3.79	-5.24
$(SA)_1$ $(TFA)_1$	-7.83	-8.53
$(SA)_1$ $(TFA)_2$	-13.49	-15.03
$(SA)_2$ $(TFA)_1$	-14.68	-16.27
$(DMA)_1$ $(TFA)_1$	-8.65	-9.31
$(DMA)_1$ $(TFA)_2$	-19.06	-20.57
$(DMA)_1$ $(TFA)_3$	-23.56	-26.06
$(DMA)_2$ $(TFA)_2$	-34.55	-36.88
$(SA)_1$ $(DMA)_1$ $(TFA)_1$	-27.21	-28.67
$(SA)_2$ $(DMA)_1$ $(TFA)_1$	-42.13	-44.48
$(SA)_1$ $(DMA)_2$ $(TFA)_1$	-44.92	-47.27
$(SA)_1$ $(DMA)_2$ $(TFA)_2$	-52.41	-55.74
$(SA)_2$ $(DMA)_2$ $(TFA)_1$	-61.91	-65.25
$(SA)_1$ $(DMA)_1$ $(TFA)_2$	-36.32	-38.57
$(SA)_2$	-9.04	-9.72
$(SA)_3$	-15.33	-16.87
$(SA)_2$ $(DMA)_1$	-36.30	-37.85
$(SA)_2$ $(DMA)_2$	-56.95	-59.26
$(SA)_3$ $(DMA)_1$	-50.06	-52.44
$(SA)_3$ $(DMA)_2$	-73.77	-76.90
$(SA)_3$ $(DMA)_3$	-94.24	-98.18
$(SA)_1$ $(DMA)_1$	-15.28	-15.98
$(SA)_2$ $(DMA)_3$ $(TFA)_1$	-79.52	-83.64
$(SA)_1$ $(DMA)_3$ $(TFA)_2$	-68.39	-72.51
$(DMA)_3$ $(TFA)_3$	-54.18	-58.31
$(DMA)_2$ $(TFA)_3$	-43.13	-46.42

Table S2. Collision coefficients (β, $cm^3\ s^{-1}$) for each cluster in the present study.

Collisions	Collision coefficients ($cm^3\ s^{-1}$)	
	280 K (Lu et al., 2020)	260 K
DMA+SA	2.45×10^{-10}	2.36×10^{-10}
$(SA)_1\cdot(DMA)_1$+SA	2.67×10^{-10}	2.57×10^{-10}
$(SA)_2\cdot(DMA)_1$+SA	2.61×10^{-10}	2.52×10^{-10}
$(SA)_2\cdot(DMA)_1$+DMA	3.91×10^{-10}	3.77×10^{-10}
$(SA)_2\cdot(DMA)_2$+SA	3.05×10^{-10}	2.94×10^{-10}
$(SA)_3\cdot(DMA)_2$+DMA	5.82×10^{-10}	5.61×10^{-10}
DMA+TFA	2.85×10^{-10}	2.75×10^{-10}
$(SA)_1\cdot(DMA)_1$+TFA	2.95×10^{-10}	2.84×10^{-10}
$(SA)_2\cdot(DMA)_1$+TFA	2.84×10^{-10}	2.74×10^{-10}
DMA+$(SA)_1\cdot(DMA)_1\cdot(TFA)_1$	4.39×10^{-10}	4.23×10^{-10}
$(SA)_2\cdot(DMA)_2$+TFA	3.28×10^{-10}	3.16×10^{-10}
DMA+$(SA)_2\cdot(DMA)_2\cdot(TFA)_1$	4.90×10^{-10}	4.72×10^{-10}
$(DMA)_1\cdot(TFA)_1$+TFA	3.26×10^{-10}	3.15×10^{-10}
TFA+$(SA)_1\cdot(DMA)_1\cdot(TFA)_1$	3.17×10^{-10}	3.05×10^{-10}
$(DMA)_1\cdot(TFA)_2$+DMA	4.47×10^{-10}	4.31×10^{-10}
TFA+$(SA)_1\cdot(DMA)_2\cdot(TFA)_1$	3.52×10^{-10}	3.39×10^{-10}
DMA+$(SA)_1\cdot(DMA)_2\cdot(TFA)_2$	4.79×10^{-10}	4.62×10^{-10}
$(DMA)_1\cdot(TFA)_2$+TFA	3.21×10^{-10}	3.10×10^{-10}
$(DMA)_2\cdot(TFA)_2$+TFA	3.50×10^{-10}	3.38×10^{-10}
$(DMA)_2\cdot(TFA)_3$+DMA	4.69×10^{-10}	4.52×10^{-10}
TFA+TFA	2.25×10^{-10}	2.17×10^{-10}
$(TFA)_2$+TFA	3.35×10^{-10}	3.23×10^{-10}
SA+TFA	1.97×10^{-10}	1.90×10^{-10}
$(SA)_1\cdot(TFA)_1$+TFA	3.04×10^{-10}	2.93×10^{-10}
$(SA)_2$+TFA	2.80×10^{-10}	2.69×10^{-10}
SA+SA	1.70×10^{-10}	1.64×10^{-10}
$(SA)_2$+SA	2.55×10^{-10}	2.46×10^{-10}
$(TFA)_2$+SA	3.11×10^{-10}	3.00×10^{-10}
$(TFA)_3$+SA	3.38×10^{-10}	3.25×10^{-10}
$(SA)_1\cdot(TFA)_1$+SA	2.79×10^{-10}	2.69×10^{-10}
$(SA)_1\cdot(TFA)_2$+SA	4.54×10^{-10}	4.37×10^{-10}
$(SA)_2\cdot(TFA)_1$+SA	3.86×10^{-10}	3.72×10^{-10}
$(DMA)_1\cdot(TFA)_1$+SA	2.99×10^{-10}	2.88×10^{-10}
$(DMA)_1\cdot(TFA)_2$+SA	2.99×10^{-10}	2.87×10^{-10}
$(DMA)_1\cdot(TFA)_3$+SA	3.11×10^{-10}	3.00×10^{-10}
$(DMA)_2\cdot(TFA)_2$+SA	3.28×10^{-10}	3.16×10^{-10}
$(DMA)_3\cdot(TFA)_3$+SA	3.32×10^{-10}	3.20×10^{-10}
$(DMA)_2\cdot(TFA)_3$+SA	3.06×10^{-10}	2.95×10^{-10}
$(SA)_1\cdot(DMA)_1\cdot(TFA)_1$+SA	2.93×10^{-10}	2.83×10^{-10}
$(SA)_2\cdot(DMA)_1\cdot(TFA)_1$+SA	3.95×10^{-10}	3.80×10^{-10}
$(SA)_1\cdot(DMA)_2\cdot(TFA)_1$+SA	3.29×10^{-10}	3.17×10^{-10}

$(SA)_1(DMA)_2(TFA)_2$+SA	3.14×10^{-10}	3.02×10^{-10}
$(SA)_2(DMA)_2(TFA)_1$+SA	3.22×10^{-10}	3.10×10^{-10}
$(SA)_1(DMA)_1(TFA)_2$+SA	4.31×10^{-10}	4.15×10^{-10}
$(SA)_2(DMA)_3(TFA)_1$+SA	3.41×10^{-10}	3.29×10^{-10}
$(SA)_1(DMA)_3(TFA)_2$+SA	3.41×10^{-10}	3.28×10^{-10}
$(TFA)_2$+DMA	4.60×10^{-10}	4.43×10^{-10}
$(TFA)_3$+DMA	5.10×10^{-10}	4.91×10^{-10}
$(SA)_1(TFA)_1$+DMA	4.14×10^{-10}	3.99×10^{-10}
$(SA)_1(TFA)_2$+DMA	6.75×10^{-10}	6.51×10^{-10}
$(SA)_2(TFA)_1$+DMA	5.76×10^{-10}	5.55×10^{-10}
$(DMA)_1(TFA)_3$+DMA	4.74×10^{-10}	4.56×10^{-10}
$(SA)_2(DMA)_1(TFA)_1$+DMA	5.93×10^{-10}	5.71×10^{-10}
$(SA)_1(DMA)_1(TFA)_2$+DMA	6.46×10^{-10}	6.23×10^{-10}
$(SA)_1(DMA)_1(TFA)_1$+$(SA)_1(DMA)_1$	3.80×10^{-10}	3.66×10^{-10}
$(SA)_1(DMA)_2(TFA)_1$+$(SA)_1(DMA)_1$	4.14×10^{-10}	3.99×10^{-10}

Table S3. Total evaporation coefficients ($\Sigma\gamma$, s^{-1}) for each cluster in the present study.

Clusters	Total evaporation coefficients ($\Sigma\gamma$, s^{-1})	
	280 K (Lu et al., 2020)	260 K
$(TFA)_2$	9.40×10^{4}	1.03×10^{4}
$(TFA)_3$	3.03×10^{11}	1.06×10^{11}
$(SA)_1\,(TFA)_1$	4.00×10^{3}	3.63×10^{2}
$(SA)_1\,(TFA)_2$	7.54×10^{3}	5.82×10^{2}
$(SA)_2\,(TFA)_1$	2.90×10^{5}	2.37×10^{4}
$(DMA)_1\,(TFA)_1$	1.32×10^{3}	1.16×10^{2}
$(DMA)_1\,(TFA)_2$	6.41×10^{1}	3.05
$(DMA)_1\,(TFA)_3$	2.59×10^{6}	2.12×10^{5}
$(DMA)_2\,(TFA)_2$	9.53×10^{-3}	2.38×10^{-4}
$(SA)_1\,(DMA)_1\,(TFA)_1$	3.77	1.73×10^{-1}
$(SA)_2\,(DMA)_1\,(TFA)_1$	2.10×10^{5}	2.07×10^{4}
$(SA)_1\,(DMA)_2\,(TFA)_1$	1.73×10^{-4}	2.77×10^{-6}
$(SA)_1\,(DMA)_2\,(TFA)_2$	1.31×10^{4}	7.27×10^{2}
$(SA)_2\,(DMA)_2\,(TFA)_1$	1.16×10^{6}	8.23×10^{4}
$(SA)_1\,(DMA)_1\,(TFA)_2$	6.44×10^{2}	4.11×10^{1}
$(SA)_2$	1.96×10^{2}	1.56×10^{1}
$(SA)_3$	8.23×10^{4}	6.77×10^{3}
$(SA)_2\,(DMA)_1$	2.75×10^{-7}	3.01×10^{-9}
$(SA)_2\,(DMA)_2$	7.82×10^{-7}	1.07×10^{-8}
$(SA)_3\,(DMA)_1$	1.25×10^{-1}	3.87×10^{-3}
$(SA)_3\,(DMA)_2$	5.95×10^{-4}	1.24×10^{-5}
$(SA)_3\,(DMA)_3$	1.61×10^{-6}	2.05×10^{-8}
$(SA)_1\,(DMA)_1$	7.62×10^{-3}	2.47×10^{-4}
$(SA)_2\,(DMA)_3\,(TFA)_1$	2.31×10^{-4}	4.64×10^{-6}
$(SA)_1\,(DMA)_3\,(TFA)_2$	4.23×10^{-3}	1.04×10^{-4}
$(DMA)_3\,(TFA)_3$	2.92×10^{1}	1.29
$(DMA)_2\,(TFA)_3$	1.85×10^{3}	9.12×10^{1}

Table S4. Ratios ($\beta C/\Sigma\gamma$) between monomer molecule collisions and evaporation coefficients for each cluster involving TFA in the present study. [SA] = 1.0×10^{6} molecules cm^{-3}, [DMA] = 1.0×10^{7} molecules cm^{-3}, [TFA] = 1.0×10^{6} molecules cm^{-3}.

Clusters	$\beta C/\Sigma\gamma$	
	280 K	260 K
Collision with SA monomer: C = [SA]		
$(TFA)_2$	3.30×10^{-9}	2.90×10^{-8}
$(TFA)_3$	1.11×10^{-15}	3.06×10^{-15}
$(SA)_1(TFA)_1$	6.98×10^{-8}	7.41×10^{-7}
$(SA)_1(TFA)_2$	1.49×10^{-9}	1.54×10^{-8}
$(SA)_2(TFA)_1$	1.33×10^{-9}	1.57×10^{-8}
$(DMA)_1(TFA)_1$	2.26×10^{-7}	2.48×10^{-6}
$(DMA)_1(TFA)_2$	4.65×10^{-6}	9.44×10^{-5}
$(DMA)_1(TFA)_3$	1.20×10^{-10}	1.41×10^{-9}
$(DMA)_2(TFA)_2$	3.45×10^{-2}	1.33
$(DMA)_3(TFA)_3$	1.14×10^{-5}	2.48×10^{-4}
$(DMA)_2(TFA)_3$	1.66×10^{-7}	3.23×10^{-6}
$(SA)_1(DMA)_1(TFA)_1$	7.77×10^{-5}	1.64×10^{-3}
$(SA)_2(DMA)_1(TFA)_1$	1.88×10^{-9}	1.84×10^{-8}
$(SA)_1(DMA)_2(TFA)_1$	1.91	1.15×10^{2}
$(SA)_1(DMA)_2(TFA)_2$	2.39×10^{-8}	4.16×10^{-7}
$(SA)_2(DMA)_2(TFA)_1$	2.78×10^{-10}	3.77×10^{-9}
$(SA)_1(DMA)_1(TFA)_2$	6.69×10^{-7}	1.01×10^{-5}
$(SA)_2(DMA)_3(TFA)_1$	1.48	7.08×10^{1}
$(SA)_1(DMA)_3(TFA)_2$	8.05×10^{-2}	3.14
Collision with DMA monomer: C = [DMA]		
$(TFA)_2$	4.89×10^{-8}	4.30×10^{-7}
$(TFA)_3$	1.68×10^{-14}	4.61×10^{-14}
$(SA)_1(TFA)_1$	1.03×10^{-6}	1.10×10^{-5}
$(SA)_1(TFA)_2$	2.22×10^{-8}	2.29×10^{-7}
$(SA)_2(TFA)_1$	1.98×10^{-8}	2.34×10^{-7}
$(DMA)_1(TFA)_2$	6.98×10^{-5}	1.42×10^{-3}
$(DMA)_1(TFA)_3$	1.83×10^{-9}	2.15×10^{-8}
$(DMA)_2(TFA)_3$	2.54×10^{-6}	4.95×10^{-5}
$(SA)_1(DMA)_1(TFA)_1$	1.16×10^{-3}	2.45×10^{-2}
$(SA)_2(DMA)_1(TFA)_1$	2.82×10^{-8}	2.76×10^{-7}
$(SA)_1(DMA)_2(TFA)_2$	3.65×10^{-7}	6.35×10^{-6}
$(SA)_2(DMA)_2(TFA)_1$	4.24×10^{-9}	5.74×10^{-8}
$(SA)_1(DMA)_1(TFA)_2$	1.00×10^{-5}	1.52×10^{-4}
Collision with TFA monomer: C = [TFA]		
$(TFA)_2$	3.56×10^{-9}	3.13×10^{-8}
$(SA)_1(TFA)_1$	7.59×10^{-8}	8.07×10^{-7}
$(DMA)_1(TFA)_1$	2.46×10^{-7}	2.71×10^{-6}

$(DMA)_1(TFA)_2$	5.01×10^{-6}	1.02×10^{-4}
$(DMA)_2(TFA)_2$	3.68×10^{-2}	1.42
$(SA)_1(DMA)_1(TFA)_1$	8.39×10^{-5}	1.77×10^{-3}

Table S5. Concentrations of DMA (molecules cm^{-3}), temperatures (T, K), particle formation rates of SA-DMA-TFA system ($J_{\text{SA-DMA-TFA}}$, cm^{-3} s^{-1}) and SA-DMA system ($J_{\text{SA-DMA}}$, cm^{-3} s^{-1}) and the enhancement ($J_{\text{SA-DMA-TFA}}/J_{\text{SA-DMA}}$) on particle formation rates by TFA.

Cities	Month	[DMA] (molecules cm^{-3})	T (K)	$J_{\text{SA-DMA-TFA}}$ (cm^{-3} s^{-1})	$J_{\text{SA-DMA}}$ (cm^{-3} s^{-1})	Enhancement
Beijing	1	9.37×10^{7}	265	3.07×10^{-1}	3.73×10^{-2}	8.12
	2	8.63×10^{7}	269	1.62×10^{-1}	3.51×10^{-2}	4.60
	3	7.49×10^{7}	275	4.04×10^{-2}	2.64×10^{-2}	1.53
	4	6.26×10^{7}	284	3.03×10^{-2}	2.15×10^{-2}	1.41
	5	4.25×10^{7}	291	1.57×10^{-2}	1.27×10^{-2}	1.23
	6	4.45×10^{7}	296	2.78×10^{-3}	2.75×10^{-3}	1.01
	7	3.09×10^{7}	298	8.71×10^{-3}	7.57×10^{-3}	1.15
	8	5.12×10^{7}	296	3.63×10^{-3}	3.58×10^{-3}	1.02
	9	6.01×10^{7}	291	2.83×10^{-2}	2.05×10^{-2}	1.38
	10	7.26×10^{7}	283	2.94×10^{-2}	2.25×10^{-2}	1.30
	11	1.52×10^{8}	274	1.21×10^{-1}	4.73×10^{-2}	2.56
	12	1.04×10^{8}	267	2.98×10^{-1}	4.03×10^{-2}	7.39
Shanghai	1	5.21×10^{7}	281	2.06×10^{-2}	1.63×10^{-2}	1.26
	2	5.28×10^{7}	282	2.28×10^{-2}	1.73×10^{-2}	1.32
	3	2.56×10^{7}	284	6.02×10^{-3}	5.38×10^{-3}	1.12
	4	2.13×10^{7}	287	4.09×10^{-3}	3.74×10^{-3}	1.09
	5	2.10×10^{7}	291	3.96×10^{-3}	3.62×10^{-3}	1.09
	6	2.51×10^{7}	295	5.76×10^{-3}	5.16×10^{-3}	1.12
	7	2.16×10^{7}	299	4.20×10^{-3}	3.84×10^{-3}	1.10
	8	2.49×10^{7}	299	5.65×10^{-3}	5.08×10^{-3}	1.11
	9	2.89×10^{7}	296	1.14×10^{-3}	1.13×10^{-3}	1.01
	10	3.58×10^{7}	290	1.15×10^{-2}	9.73×10^{-3}	1.18
	11	6.07×10^{7}	285	2.88×10^{-2}	2.07×10^{-2}	1.39
	12	6.30×10^{7}	280	3.06×10^{-2}	2.17×10^{-2}	1.41
Los Angeles	1	2.87×10^{7}	275	7.55×10^{-3}	6.64×10^{-3}	1.10
	2	2.99×10^{7}	277	8.18×10^{-3}	7.15×10^{-3}	1.10
	3	2.66×10^{7}	282	6.50×10^{-3}	5.78×10^{-3}	1.10
	4	4.70×10^{7}	288	9.00×10^{-3}	8.44×10^{-3}	1.10
	5	2.49×10^{7}	294	1.14×10^{-3}	1.12×10^{-3}	1.00
	6	6.42×10^{7}	298	3.15×10^{-2}	2.22×10^{-2}	1.40
	7	2.81×10^{7}	301	4.47×10^{-4}	4.45×10^{-4}	1.00
	8	4.36×10^{7}	301	1.17×10^{-3}	1.16×10^{-3}	1.00
	9	2.80×10^{7}	296	1.07×10^{-3}	1.06×10^{-3}	1.00
	10	4.16×10^{7}	291	1.51×10^{-2}	1.23×10^{-2}	1.20
	11	3.56×10^{7}	284	1.14×10^{-2}	9.64×10^{-3}	1.20
	12	7.14×10^{7}	278	3.75×10^{-2}	2.50×10^{-2}	1.50
New Delhi	1	1.42×10^{8}	287	1.09×10^{-1}	4.54×10^{-2}	2.41
	2	1.36×10^{8}	291	1.03×10^{-1}	4.41×10^{-2}	2.32
	3	8.49×10^{7}	297	7.58×10^{-3}	7.40×10^{-3}	1.02
	4	9.66×10^{7}	304	6.03×10^{-2}	3.38×10^{-2}	1.78

5	8.40×10^{7}	308	1.20×10^{-3}	1.20×10^{-3}	1.00
6	6.04×10^{7}	309	5.09×10^{-4}	5.08×10^{-4}	1.00
7	6.15×10^{7}	306	9.46×10^{-4}	9.44×10^{-4}	1.00
8	6.08×10^{7}	303	1.60×10^{-3}	1.59×10^{-3}	1.00
9	5.75×10^{7}	301	2.04×10^{-3}	2.02×10^{-3}	1.01
10	9.52×10^{7}	298	5.89×10^{-2}	3.33×10^{-2}	1.77
11	1.15×10^{8}	293	7.87×10^{-2}	3.90×10^{-2}	2.02
12	1.24×10^{8}	289	8.92×10^{-2}	4.14×10^{-2}	2.15

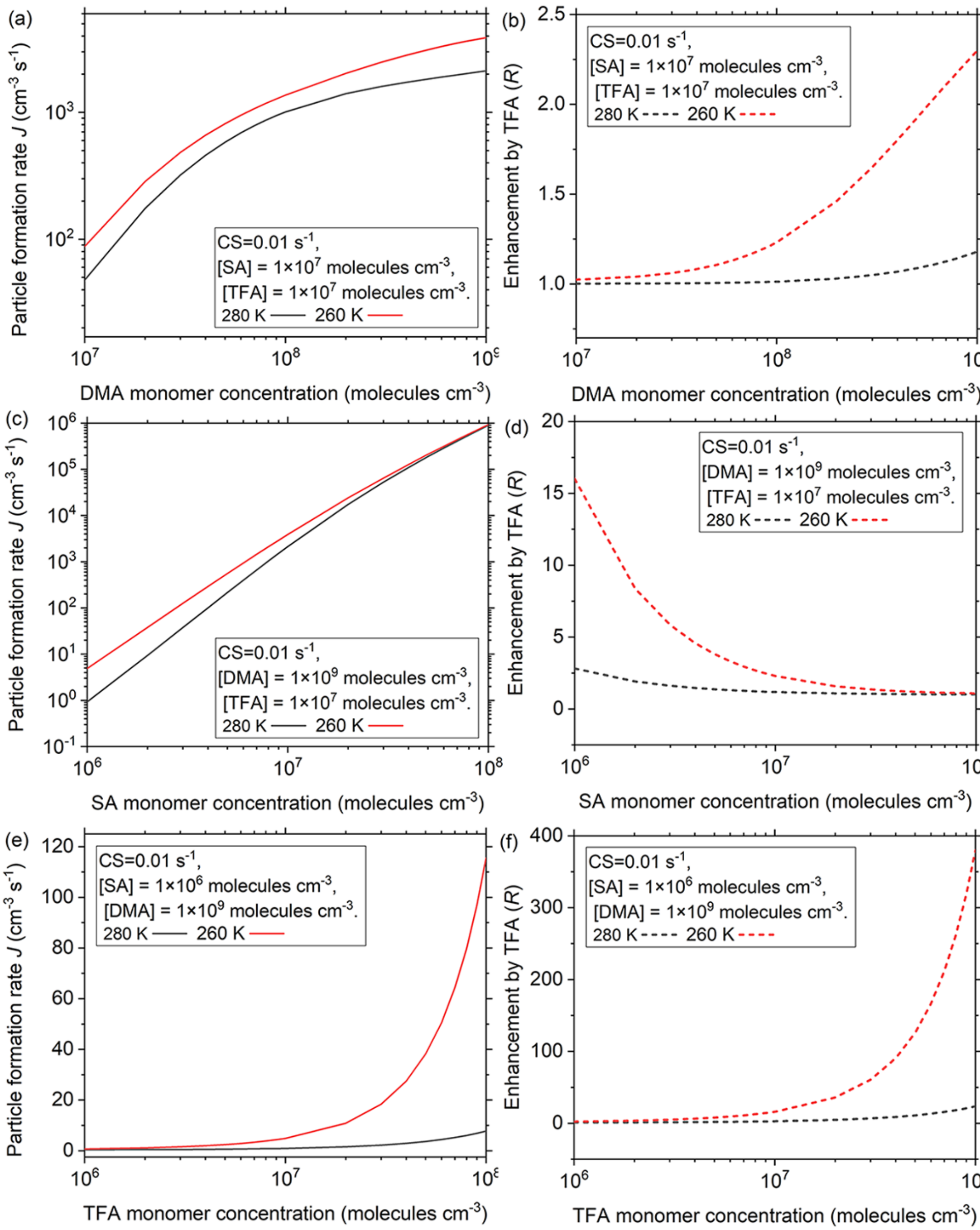

Figure S1. Particle formation rates (J, cm^{-3} s^{-1}) at different temperatures (280 K and 260 K) as a function of (a) DMA monomer concentrations, (c) SA monomer concentrations and (e) TFA monomer concentrations. Enhancement of particle formation rate by TFA (R, $R = J_{\text{SA-DMA-TFA}}/J_{\text{SA-DMA}}$) at different temperatures as a function of (b) DMA monomer concentrations, (d) SA monomer concentrations and (f) TFA monomer concentrations. Black and red lines are corresponding to 280 K and 260 K, respectively. CS = 0.01 s^{-1}.

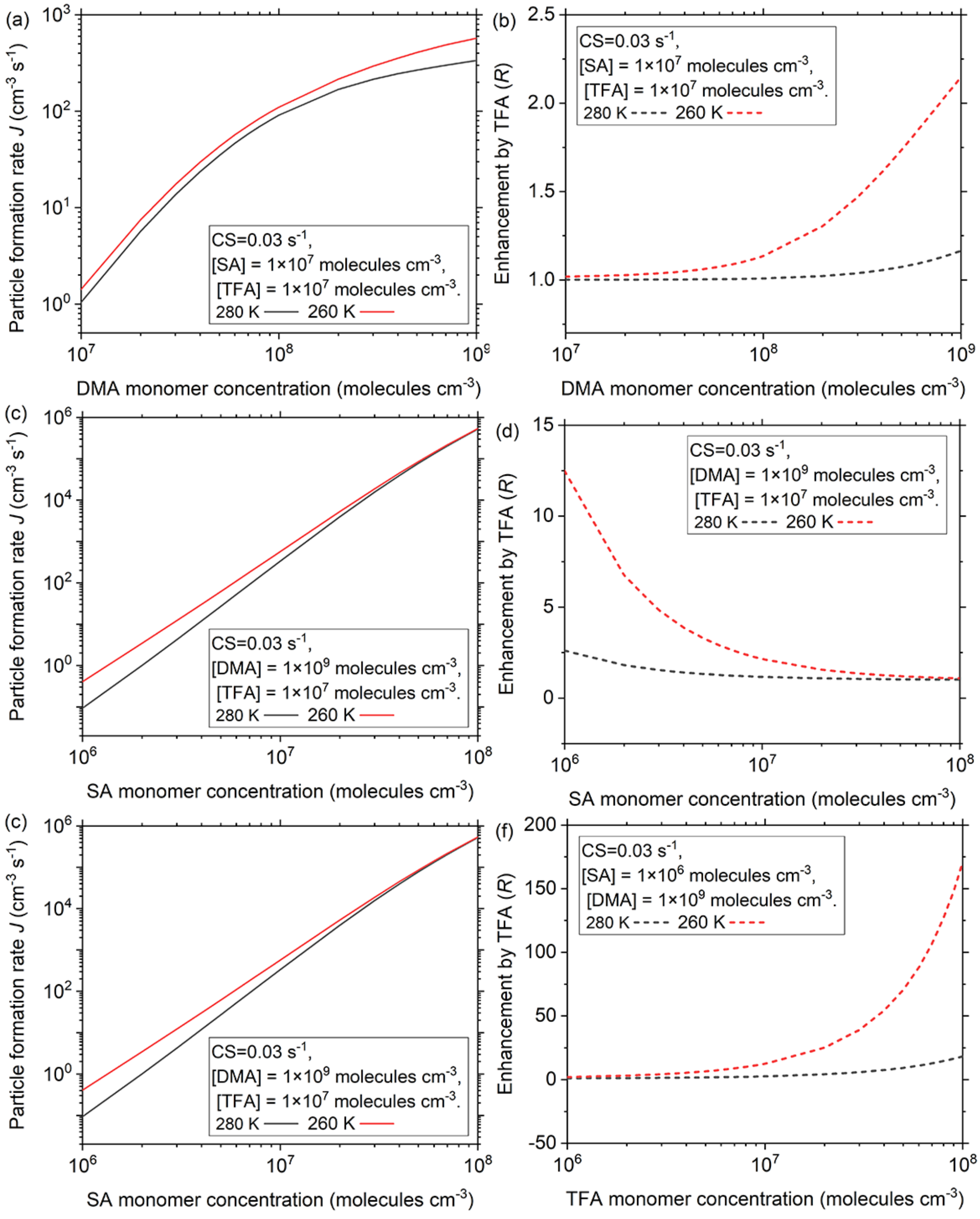

Figure S2. Particle formation rates (J, cm^{-3} s^{-1}) at different temperatures (280 K and 260 K) as a function of (a) DMA monomer concentrations, (c) SA monomer concentrations and (e) TFA monomer concentrations. Enhancement of particle formation rate by TFA (R, $R = J_{\text{SA-DMA-TFA}}/J_{\text{SA-DMA}}$) at different temperatures as a function of (b) DMA monomer concentrations, (d) SA monomer concentrations and (f) TFA monomer concentrations. Black and red lines are corresponding to 280 K and 260 K, respectively. CS = 0.03 s^{-1}.

References

Lu, Y., Liu, L., Ning, A., Yang, G., Liu, Y., Kurtén, T., Vehkamäki, H., Zhang, X., Wang, L., 2020. Atmospheric sulfuric acid-dimethylamine nucleation enhanced by trifluoroacetic acid. Geophys. Res. Lett. 47. https://doi.org/10.1029/2019gl085627