

気象研究ノート (第231号) 「人工降雨・降雪研究の最前線」への コメントおよび液体炭酸人工降雨法の有効性の解説

真木 太一^{*1}・守田 治^{*2}・鈴木 義則^{*3}・脇水 健次^{*4}

要 旨

2005年夏季に四国・九州など西日本で発生した渇水を契機に、2006～2010年度に科学技術振興調整費「渇水対策のための人工降雨・降雪に関する総合的研究」が実施された。その研究報告が気象研究ノート第231号(2015)に「人工降雨・降雪研究の最前線」として公表された。ここでは、その主要な成果となっている事項・内容についてコメントするとともに、人工降雨の中でドライアイス法と液体炭酸法との比較事項・内容について、幾つかの疑問点に関してコメントする。最後に、最近、国内数カ所で実施した液体炭酸人工降雨法の実験結果の紹介とその有効性について解説する。

1. はじめに

2006～2010年度に科学技術振興調整費「渇水対策のための人工降雨・降雪に関する総合的研究」が実施された。それらに関する報告が2015年に気象研究ノート第231号(村上ほか 2015)として発行された。

ここでの目的はヨウ化銀・ドライアイス・液体炭酸・散水・吸湿剤人工降雨法に対するコメントを記述することである。そして、特に強調されているドライアイス法について、幾つかのコメントを行うとともに、真木ほか(2012)が推進している液体炭酸法について比較を行うことを目的としている。さらには、日本気象学会での口頭発表以外に、主として日本農業気象学会誌「農業気象」・日本沙漠学会誌「沙漠研究」や日本学術会議「学術の動向」で発表されている液体炭酸法について紹介することを目的としている。

なお、本短報の人工降雨法に密接に関連する経過事

項について記述すると、2006年4月3日に公開シンポジウム「風水害・渇水対策」が内閣府日本学術会議農学基礎委員会主催で開催された。そして、2008年1月24日に日本学術会議対外報告「渇水対策・沙漠化防止に向けた人工降雨法の推進」(現在の提言・報告に相当)が発出された(真木ほか 2008)。また、最近、2014年6月26日には公開シンポジウム「人工降雨による渇水・豪雨軽減と水資源」(日本気象学会等の後援)が日本学術会議農業生産環境工学分科会主催で開催された。これらの成果は真木ほか(2015a)などに掲載されている。

2. 人工降雨法の簡単な解説

人工降雨法には主に5種類ある。ヨウ化銀法、ドライアイス法、液体炭酸法、散水法、吸湿剤法であり、以降、簡単に解説する(真木ほか 2008, 2012)。

①ヨウ化銀法：ヨウ化銀を燃焼・蒸発させた微粒子を地上または航空機から雲の中に送り込み、氷晶核として氷晶を形成させ、空気中の水分、過冷却水に遭遇させて雲を発達させ、霧粒、雨粒にまで成長させて降雪・降雨(冷たい雨)として地上に落下させる方法である。ヨウ化銀が雲の上層に達すると多くの氷晶を発生させるため、限られた範囲内の水分を奪い合う状況になり氷晶の成長が抑えられ、氷晶は無

^{*1} (連絡責任著者) 九州大学名誉教授。
makitm@kra.biglobe.ne.jp

^{*2} 福岡大学。

^{*3} 九州大学名誉教授。

^{*4} 九州大学。

—2015年8月18日受領—

—2015年11月6日受理—

効化する場合が多い。また、環境への悪影響の問題もある。

なお、ヨウ化銀の代わりに、ナトリウム塩とマグネシウム粉末等の燃焼物質もあるが、効果的ではない。

- ②ドライアイス法：航空機によりドライアイスの欠片を雲の上層から直接散布し、自然落下中にドライアイスが昇華して発生する 10^{13} 個/gの氷晶核から過冷却水と遭遇して氷晶を発達させ、降雪・降雨（冷たい雨）として落下させる方法である。ドライアイスは鉛直方向に氷晶を発生させながら落下する際、過冷却水滴や水蒸気との結合で氷晶から発生する潜熱により上昇気流が誘発されるが、ドライアイスが昇華した高度で氷晶は上方に輸送され、雲の上層近くで氷晶が水分を奪い合うため、大きい雪粒の発生が少なく、降雪・降雨が少ない場合が多い。
- ③液体炭酸法：航空機から液体炭酸を雲の下層付近でサイホン式の炭酸ガスボンベから液体のまま氷点下の雲内に散布し、 10^{13} 個/gの氷晶核を過冷却水と遭遇させて氷晶を発達させ、降雪・降雨（冷たい雨）として落下させる方法である。氷晶は雲の下層で発生するため、自然の上昇気流（雲の中での一般的な上昇気流）と氷晶からの潜熱発生による上昇気流とで上方に輸送され、時間を稼ぐことで雲の発達が顕著となる。雲頂に達すると、やがて雲の内部・周辺を3次元で落下しながら、成長して霧粒・雨粒へと一層成長する特徴があるため、降雪・降雨としての水量が多い。
- ④散水法：真水や塩水等の水溶液を航空機から散布して周辺の水蒸気と結合させて降雨（暖かい雨）として落下させる方法である。真水を呼び水として利用する特徴的な方法であり、熱帯地域や高温多湿な夏季に利用可能である。ブラジル、タイ、フィリピン等でかなり多く実施されており、条件を整えば、ある程度の降水が期待できる。
- ⑤吸湿剤（吸湿性粒子）法：高分子化合物（紙オムツの資材等）や吸湿性フレア、マイクロパウダー等を航空機から散布して、高湿空気中の水分を吸収させて物質剤とともに地上に落下させる方法である。現時点では、あまり効果的でないように思われる。また、高分子化合物では地上に落下した物質剤からの水の分離の問題や乾燥地では却って地中水分を奪うことで植物への水分供給が少なくなり、逆効果になることがあり、環境への悪影響の問題もある。

3. 野外でのドライアイス・吸湿性粒子実験の評価

気象研究ノート第231号「人工降雨・降雪研究の最前線」（村上ほか 2015）の7章に野外シーディング実験がある。その中で2007年12月17日の新潟・群馬県境での事例でレーダー評価図が示され、時間を追っての雲の発達エコーがあるが、降水量はどの程度であろうか。シーディングカーテンで、雪雲の検出に成功した記述があるが、6 kgのドライアイスにより約3000 tの雪生成見積である。ただし、実験による降雪量としては、液体炭酸法（例えばMaki *et al.* 2014b, 2015）と比較すると極めて少量であるように推測される。

暖候期の吸湿性粒子・ドライアイスシーディングの航空機観測では、高知県早明浦ダム付近で20数回のヘリコプター散布が実施されたが、吸湿性粒子法ではシーディングによる雲粒数濃度の減少は観測されなく、増雨の可能性は低く、シーディング直後に弱いレーダーエコーが観測された事例は2割であったという。一方、ドライアイス法ではレーダーエコー強度の増大が観測されたが、実降水量の記述はなく、興味深い降水量増加の具体的評価事例は乏しい状況であったとしている。

科学技術振興調整費「渇水対策のための人工降雨・降雪」の当初目的は、多量の降水量・水資源を得ることが主目的であったとされるが、そうならないと思われる。目的に見合った成果があったらうか。

4. ドライアイス (DI)・液体炭酸 (LC) 法の差異

8章 (8.1.4.1c) の考察では「Fukuta (1996) によると、DI シーディング (SD) の場合、鉛直方向に積算された浮力効果により、生成された氷粒子がすみやかに雲頂付近に持ち上げられて滞留し、このことが、その後の氷粒子の成長に対して極めて抑制的に働くとされている。一方、LC の場合は、上昇するバブルが雲頂に到達するまでの間に氷粒子が十分に成長し、その後、過冷却雲の内部を落下するとされ、雲の氷化における LCSD の優位性が述べられている。本実験の結果を見る限り、二つの SD 技法によって引き起こされる過冷却雲の変化は、雲の氷化のタイミングが DISD の場合に早いことを除けば、その基本的な推移に決定的な差異は認められない上、DISD による微物理的变化は Fukuta (1996) の提示した描像とは著しく異なっていた」としている。

しかし早いことは、過剰な氷粒子が雲頂に早く到達して過冷却雲に取り込まれる機会が少なくなると推測

される。成長していない微小氷粒子ができて重力での落下は少なく、多くの氷晶は雲頂付近で風下に流されて無効化することが推測されるが、この現象は評価されているのであろうか。LC法では上昇中に周辺の過冷却水を取り込む機会が多くなるため、重力に耐えられない氷粒子が多くなり雲の周辺では下降気流を誘発し、連鎖反応が励起される。また、氷化のタイミングは両方法で異なるため、水資源確保や豪雪軽減にも適用可能である。両方法による雲の反応は雲厚で異なり、SDによる反応と自然の対流は相互依存的であるが、自然の上昇気流を十分評価しているであろうか。

NHM (雲解像非静力学モデル) シミュレーションは、LC法の概念モデルを十分再現し、DI法に対する反応も含め、人工降雨に関する有益な情報を与えていると思われる。例えば後述の1999年2月2日の実験での人工雲の発達状況を良く再現していると推測される。しかし、設定条件に関しては幾つかの疑問点が残る。

まず、「LC法はノズルから放出された後、瞬時に気化(沸騰)するため、ノズル近傍の狭い空間で膨大な数の氷晶が生成されることになるが、この時、DI法の場合と同程度の生成率(1gのCI・LCから 10^{13} 個の氷晶)が実現されるだけの余剰水蒸気が、その狭い空間に十分存在するかについては議論の余地がある」とある。確かに比較検討する必要がある。そして、LC法よりもDI法による氷晶化に必要な体積がたとえ大きくても、余剰水蒸気が十分存在するか確認する必要があり、また氷晶化体積、氷晶発生数、余剰水蒸気量を検証し、散布率の適用範囲を確認する必要があると考えられる。

次に、「LCは、SDをする際にある程度の圧力をかける必要があるため50g/sのSD率を達成するには装置が大がかりになる」とあるが、LC法では50g/sの大量散布ではなく5g/s程度である。装置はサイホン式炭酸ガスポンペ(10kg)に直径1cm、長さ2m程度の管を用意すればよく、ポンペのコックを緩め、液体を放出するのみである。DIペレットを落下させる装置とはどちらが大がかりであろうか。

また、自然由来の氷晶核化過程を無効化しているが、両手法の差はここにある。DI法では急速に散布粒子が雲頂に達するため、自然由来の氷晶核化の恩恵を受ける機会が少ないが、LC法では -90°C の液体炭酸放出による氷晶化後の潜熱発生により、上昇気流を加速させることが重要な原理であり、対流雲内の自

然の上昇気流に人工種まき(SD)による上昇効果が加算されるため、これが重要で、より有効となるが、モデルでは十分評価されているであろうか。

さらには、DIペレットが落下中に氷晶化する際、周辺の過冷却水との遭遇機会が少ないが、LC法では航空機の腹面に出した長さ10cmの管から散布し、極めて短時間に氷晶化した直後に、航空機の飛行によって攪拌・拡散されて周辺の過冷却水との遭遇が格段に多くなる。この違いが重要であり、かつ雲頂に至るまでに20~30分の時間を稼ぐ、この時間内に非常に多くの過冷却水と遭遇し落下氷晶が増加する。DIペレットからの昇華に関して、モデルでは時間を追っての昇華過程が表現できているか、また2kmもの落下距離は妥当であろうか。すなわち、落下中の昇華によって粒径が小さくなり終端速度は急速に0に近づくが、それがモデルで表現されているか。DIペレットは線上に散布し落下するため、カーテン状の2次元構造をとるが、LC法では自然と人工の上昇気流によって3次的に上昇して、周辺の過冷却水を取り込みながら成長し、かつ落下時にも遭遇機会が増えるため、3次的に連続して活性化する差が出ていると考えられる。

さて、本文p.159の図8.1.17には、航空機からのDI散布に対して、地上からのLCとヨウ化銀(SI)(化学式AgI)の散布である。LC法は増雨目的には航空機散布であって、地上からは霧消など逆目的での使用はあり得るが、地上からの散布とは、敢えて効果が出にくい方法としてのシミュレーションであろうか、判断に苦しむ。その影響がDI法有利説との結論になったのであろうか。シミュレーション・実験は航空機なら航空機と、基本的条件を整えて行うべきであろう。また、p.160の図8.1.18は、本文では2005年度(記録的大雪年)・2006年度(記録的少雪年)とあるが、図では2006・2007年度であり、実線・灰色の図も逆のようである。図8.1.19や3割の増雪効果は如何であろうか。

なお、低温科学(村上2014)にもDI法有利説が記されている。また、ある書物にはLC法よりDI法が有効である解説があり、3方法に上述と同じ不合理と思われる図が引用されている。

SI法は降雨になって地上に到達した場合にも濃度が薄いため、人間・環境への影響は低いとの説明であるが、SIのヨウ素は医薬外劇物指定である。分解すれば猛毒になり、生物濃縮の考慮も必要であろう。SI法は環境上、利用すべきでないと考えられる。

なお、SI・DI法は九州大学等で1950～70年に盛んに実施され、条件が良ければ人工降雨が起こる成功事例も多いが、概して降水量が少なく特別な場合を除いて採算に合わないといわれる(真木ほか 2012)。

5. 液体炭酸法の成功事例と水資源

液体炭酸(LC)法は福田(1988)によって開発され、その実験が世界で初めて1999年2月2日(Fukuta *et al.* 2000)に九州大学中心に実施され、10月(Wakimizu *et al.* 2002)にも成功している。

2006年以降では毎年成果を挙げており、対外報告発信後、最近では上述のとおり、三宅島・御蔵島付近で3回(6日間)、三重県志摩半島沖、愛媛県西条市、秋田県沖、佐賀県唐津市等々での実験で多くの成果を挙げている(真木ほか 2012, 2014, 2015a,b,c; Maki *et al.* 2013, 2014a,b, 2015)。

LC法について、最近の実験結果を紹介する。

- ①2012年2月27日の三宅島・御蔵島付近での実験例(Maki *et al.* 2013; 守田ほか 2015)を示す。三宅島西方沖の高度2210 m(気温 -5°C 、風向南西、風速8.2 m/s)の対流雲に散布率5 g/sで9分間、LCを散布し、航空機から雲の発達(高度3500～4000 m)を目視するとともに、約20分後の三宅島北東域に雨脚を確認した。その雨脚は、雲の下層では北東風向であるため、そこから押し返されて御蔵島付近に到達し、標高851 mの鏡餅型の島の斜面で上昇気流となって雲の発達が活発化し、島の上空で次々と東北東の風下に流されて散布後約1時間後にはレーダーに映る雲となった。その雲は高度5000 mの連続的な鎖形の雲列に発達した。なお、この対流雲はLC散布による顕著な雲の2次的発達事例である。また、この状況はRatnam・大西(2015)によって2次的効果としてのシミュレーションで評価されている。
- ②2013年3月14日に三宅島北方と御蔵島北東方で高度1070 m($-1\sim-2^{\circ}\text{C}$ 、北東、15.4 m/s)に約5 g/sで約22分間、LCをキ型に散布した(総量6.7 kg)。高度2000 mに気温逆転層が顕著であり、上空と散布域間に大きい風速・風向シアがあった。散布後1時間後には雲が降雨となって落下し、雲が幅2 kmの線状に消失した。それが2時間後には直径50 kmの雲の消失域として人工衛星画像から確認できた。これによる降水量は80～270万tと推定された(真木ほか 2014; Maki *et al.* 2014b)。

③2013年5月28日に三重県志摩半島南方の高度4570 m(-2°C 、西、10.3 m/s)に散布率5 g/sで約10分間、LCを散布した。約40分後に雨脚を確認するとともに、散布当初の全体的な上昇気流から約2時間後には高度約3000 m(700 hPa)で下降気流への変化を数値解析して確認し、降雨状況を推測した(真木ほか 2015b)。

④2013年12月16日に三宅島北方40 km、高度1440 m(-3°C 、南寄り、5.4 m/s)に散布率3.3 g/sで13分間、LCを散布した。37分後には雨脚が確認できた。また、人工衛星テラによって3列の雲の発達状況が観測され、その後降雨として落下したことで、雲が消えた状況が観測された(2015年度春季大会講演予稿集, (107), p.193)。

⑤2013年12月26日に佐賀県唐津市付近の高度2580 m(-3°C 、西南西)に、多い散布率11 g/sで短時間6分間、LCを散布した。雲は3500 mに発達し、LC散布約1時間後には福岡県福津市・宗像市、1.5時間後に北九州市付近でレーダーに映る雲が顕著に観測された(西山ほか 2014)。

⑥2013年12月27日に愛媛県西条市付近の高度1370 m(-5°C 、西～西北西)に、散布率5.5 g/sで15分間、LCを散布した。20分以降に西条市消防署で0.5 mm、新居浜市消防署の大生院で0.5 mm、別子山で4 mm、アメダス富郷・池田で各0.5 mm、アメダス京上で2 mmの降水を確認するとともに、国土交通省四国地方整備局の徳島・高知県内で1 mmの降水を約10地点で観測した。降雨域は散布域から楕円形に及び、降水量は132万tと推定された(真木ほか 2015c; Maki *et al.* 2015)。

以上、液体炭酸人工降雨法については、航空機から液体炭酸を雲内の下層付近に約5 g/sで10～20分間散布すると、 10^{13} 個/gの氷晶が発生し自然の上昇気流と昇華熱の放出による上昇気流に乗って過冷却水滴を3次元で取り込みながら雲頂に達する。氷晶群は、その後も落下中に過冷却水滴を取り込みながら降雪・降雨となり地上に達する。なお、人工降雨発生時には、自然の降水量も含まれる場合はあり得る。

LC散布時に上空に逆転層があれば効果が高くなる。また、2次・3次的効果として降水が数時間に及ぶことがある。1シリーズの実験(LC散布5～6 kg)で50～300万tの降水量が推測されるが、適格な雲に次々と散布することで、数千万tの水資源は比較的楽に確保でき、採算ベースに十分載る水資源確保技

術であると推測される。今後は実用化に向けた研究が必要であり、多方面での利用が期待される。

6. おわりに

本短報は当初、「会員の広場」に投稿したが、編集委員会の指導によって短報として投稿するように勧められたため、大幅に改稿して投稿することとした。

人工降雨法として、従来からのヨウ化銀法については、著者が大学生・大学院生の時から九州大学等を中心に、九州で活発に実験が行われていた。それから約50年になるが、あまり発展していない。次に開発されたドライアイス法もあまり成果が上らず、過去の繰り返しのように感じられる。ここで新たに開発された液体炭酸法については、実験段階にあり、普及していないが、今後有望と考えられる。ここでは、特にドライアイス法と液体炭酸法について比較・検討した。

最近発行の気象研究ノート第231号の、主にドライアイス法についてコメントするとともに、幾つかの疑問点を提示している。①ドライアイス法で雲の氷化のタイミングが早いことは、液体炭酸法と比較して有利か？ ②雲頂付近で発生する多量の氷晶が風下へ流されて無効化される現象は、評価されているか？ ③氷晶発生数、余剰水蒸気量等と散布率との関係は評価されているか？ ④自然の上昇気流が十分評価されているか？ ⑤液体炭酸散布の上昇効果が十分評価されているか？ ⑥液体炭酸法では、50 g/s (散布率)ではなく5 g/s程度であるが、評価はどうか？ ⑦ドライアイスペレットの昇華過程、落下距離、落下速度は、モデルでどのように表現されているか？ ⑧液体炭酸法では3次元的に時間発展すると考えられるが、評価されているか？ ⑨地上散布シミュレーションの意義は何か？ ⑩ヨウ化銀法は環境上、利用すべきでないと思われるがどうか？

これらの点に関して特に回答を求めるものではないが、読者は期待するかも知れない。

なお、読者に対しては上述の人工降雨法、特に液体炭酸法に関して日本気象学会では口頭発表以外での報告はないので、情報提供としての意味が大きい。従来の人工降雨法および過去の人工降雨実験報告は、市販の解説書を参考にされたい。また、最近実施された実験結果について、詳しくは参考文献を参照されたい。

参 考 文 献

福田矩彦, 1988: 気象工学—新しい気象制御の方法—。気

象研究ノート, (164), 213pp.

Fukuta, N., 1996: Project Mountain Valley Sunshine - Progress in science and technology. *J. Appl. Meteor.*, **35**, 1485-1493.

Fukuta, N., K. Wakimizu, K. Nishiyama, Y. Suzuki and H. Yoshikoshi, 2000: Large, unique radar echoes in a new, self-enhancing cloud seeding. *Atmos. Res*, **55**, 271-273.

真木太一, 橋本 康, 奥島里美, 三野 徹, 野口 伸, 青木正敏, 磯田博子, 大政謙次, 後藤英司, 鈴木義則, 高辻正基, 野並 浩, 橋口公一, 早川誠而, 村瀬治比古, 山形俊男, 2008: 対外報告 渇水対策・沙漠化防止に向けた人工降雨法の推進。日本学術会議農業生産環境工学分科会, 28pp.

真木太一, 鈴木義則, 脇水健次, 西山浩司, 2012: 人工降雨—渇水対策から水資源まで—。技報堂出版, 176pp.

Maki, T., O. Morita, Y. Suzuki and K. Wakimizu, 2013: Artificial rainfall technique based on the aircraft seeding of liquid carbon dioxide near Miyake and Mikura Islands, Tokyo, Japan. *J. Agric. Meteor.*, **69**, 147-157.

真木太一, 守田 治, 鈴木義則, 脇水健次, 西山浩司, 2014: 2013年3月における東京都三宅島・御蔵島付近での液体炭酸散布による人工降雨実験。沙漠研究, **24**, 277-284.

Maki, T., O. Morita, Y. Suzuki and K. Wakimizu, 2014a: Artificial rainfall by the seeding of liquid carbon dioxide near Miyake and Mikura Islands of Izu Islands in 2012 and 2013. *J. Arid Land Stud.*, **24**, 65-68.

Maki, T., O. Morita, Y. Suzuki, K. Wakimizu and K. Nishiyama, 2014b: Artificial rainfall experiment by seeding liquid carbon dioxide above the Izu Islands of Tokyo on March 14 in 2013. *J. Agric. Meteor.*, **70**, 199-211.

真木太一, 大政謙次, 守田 治, 鈴木義則, 脇水健次, 西山浩司, J. V. Ratnam, 大西 領, 遠峰菊郎, 島田正樹, 山形俊男, 2015a: 人工降雨による渇水・豪雨軽減と水資源。学術の動向, **20**(2), 77-103.

真木太一, 守田 治, 鈴木義則, 脇水健次, 西山浩司, 2015b: 液体炭酸人工降雨法の普及に向けて—2013年の液体炭酸散布による人工降雨実験事例—。学術の動向, **20**(2), 88-93.

真木太一, 西山浩司, 守田 治, 脇水健次, 鈴木義則, 2015c: 2013年12月における愛媛県西条市付近での液体炭酸散布による人工降雨実験。沙漠研究, **25**, 1-10.

Maki, T., O. Morita, K. Nishiyama, Y. Suzuki and K. Wakimizu, 2015: An artificial rainfall experiment based on the seeding of liquid carbon dioxide by aircraft on December 27, 2013, at Saijo, Ehime, in

- the Inland Sea of Japan. *J. Agric. Meteor.*, **71**, 245-255.
- 守田 治, 真木太一, 鈴木義則, 脇水健次, 西山浩司, 2015: 液体炭酸散布による人工降雨実験の事例報告—2012年2月27日の実験—. *学術の動向*, **20**(2), 78-83.
- 村上正隆, 2014: 意図的気象改変—エアロゾルの雲・降水影響—. *低温科学*, **72**, 297-310.
- 村上正隆, 藤部文昭, 石原正仁, 2015: 人工降雨・降雪研究の最前線. *気象研究ノート*, (231), 332pp.
- 西山浩司, 脇水健次, 真木太一, 守田 治, 鈴木義則, 2014: 液体炭酸散布実験で確認される人工効果の持続について. 「最適人工降雨法の開発と適用環境拡大に関する研究」報告書, 国際農林水産業研究センター, 15-19.
- Ratnam, J. V., 大西 領, 2015: 人工降雨観測実験に対する数値シミュレーション. *学術の動向*, **20**(2), 84-87.
- Wakimizu, K., K. Nishiyama, Y. Suzuki, K. Tomine, M. Yamazaki, A. Isimaru, M. Ozaki, T. Itano, G. Naito and N. Fukuta, 2002: A low-level penetration seeding experiment of liquid carbon dioxide in a convective cloud. *Hydrol. Process.*, **16**, 2239-2253.

Comments on the Advance Line of Cloud Seeding Experiment for Precipitation Augmentation (Meteorological Research Note 231) and Explanation on the Efficiency of Liquid Carbon Dioxide Seeding

Taichi MAKI*¹, Osamu MORITA*², Yoshinori SUZUKI*³ and Kenji WAKIMIZU*⁴

*¹ (*Corresponding author*) *Professor Emeritus of Kyushu University, 6-10-1 Hakozaki, Fukuoka, 812-8581, Japan.*

*² *Fukuoka University.*

*³ *Professor Emeritus of Kyushu University.*

*⁴ *Kyushu University.*

(Received 18 August 2015; Accepted 6 November 2015)

Abstract

On the opportunity of the drought in summer, 2005 in the Western Japan of Shikoku, Kyushu and so on, the project of Japanese Cloud Seeding Experiments for Precipitation Augmentation supported by the Special Coordination Funds for Promoting Science and Technology was carried out in the period of fiscal 2006 to 2010. The research report was published by MSJ as the Advance Line of Cloud Seeding Experiment for Precipitation Augmentation, Meteorological Note No. 231, 2015. In this short paper, the authors commented on some contents or subjects in a principal research result in the report, and moreover, several questions was shown comparing with on the techniques of dry ice and liquid carbon dioxide (LC) of artificial rainfall. Last of all, the authors introduced the recent experiment results on the artificial rainfall of LC seeding in several opportunities at times and places and explained the efficiency of LC seeding.
