

## Air microbubbles sequestration: an attempt at climate geoengineering

Hitoshi Koide<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>CC Geosystem Laboratory

As emergency measures to prevent the global warming, large-scale geoengineering technology has recently attracted attention worldwide. In the Copenhagen conference, the fossil-fuel dependent United States and the emerging economies such as China refused to assume any obligation to reduce greenhouse gas emissions. The world seems already too late to combat the global warming. The global warming prevention measures become required to have some rapid and outstanding effects. The huge umbrella covering the earth, the increase of cloud cover, the proliferation of algae by the iron-nutrients spraying over the ocean and even the stimulation of volcanic activity have been seriously discussed as the possible climate geoengineering measures.

The air microbubbles sequestration technology is to be proposed as a new method to reduce the atmospheric CO<sub>2</sub> level. The atmosphere contains the very thin carbon dioxide less than 0.04% in spite of the recent artificial addition. The air is not the waste and unharmed to the human health. The microbubbles of the air or the mildly carbon concentrated air through porous membranes or by adsorbents can be injected safely even into the shallow sea water or land soils. However, some mechanisms to isolate CO<sub>2</sub> in the long term from the atmosphere is required to reduce the atmospheric CO<sub>2</sub> level.

The air-microbubbles sequestration is a new but very simple efficient technology to reduce the carbon dioxide directly from the atmosphere. The air-microbubbles, smaller than several micrometers in diameter, can be easily formed in several meters deep water through the injection of pure air through filters with tiny pores. The carbon dioxide in the air-microbubbles quickly dissolve into water at the higher pressure than the atmospheric pressure while most of oxygen and nitrogen remain in bubbles to reappear at the water surface. The air-microbubbles sequestration is safe and environment-friendly injecting the pure air only without any additives into water.

The air is available everywhere on the earth's surface even in the remote ocean and chilly high latitude region far from any major carbon emission sources. As a first attempt for application, I designed the ocean-going carbon scrubber—that is a floating platform with four wind turbines. A wind turbine directly drive a air-blower to compress the air and to inject the air-microbubbles through pipes and filters into the surrounding sea water at the depths of several meters.

Keywords: atmosphere, carbon dioxide, mitigation, microbubble, natural energy, global warming

小出 仁 (温暖化防止地球システム株式会社)  
 Hitoshi Koide(CC Geosystem Laboratory)  
<http://homepage3.nifty.com/zeroemission/>



**ジオエンジニアリング (地球工学) : 地球にマクロな影響を与えるような大規模エンジニアリングの総称。**

**地球温暖化対策は手遅れになることは必至→温暖化防止 (気候) ジオエンジニアリング(Climature geoengineering)が求められている。**

**人類は既に意図しないジオエンジニアリングを実施—化石燃料大量燃焼による大気CO<sub>2</sub>濃度上昇による地球温暖化—意図しないジオエンジニアリングの効果を打ち消すためのジオエンジニアリングが必要になっている。**

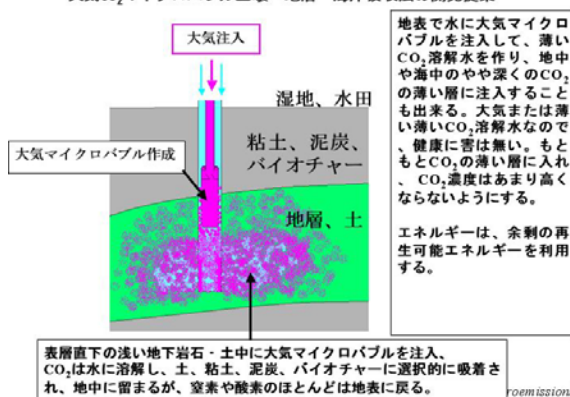
温暖化防止ジオエンジニアリングの種類	類似天然現象	意図しないジオエンジニアリング	提案されているジオエンジニアリング
太陽光放射調節	火山噴火による硫酸エアロゾル放出 氷冠 (南極、北極、グリーンランド) 雲海	人為的温暖化による氷冠縮小・氷河縮小	火山活動増進 硫酸エアロゾル成層圏散布 宇宙太陽光シールド (地球に日傘) 雲を増やす 反射シート (氷河、沙漠)
大気中温室効果ガス(CO <sub>2</sub> )濃度調節	有機物埋没 生物による炭酸カルシウム沈殿 岩石風化によるCO <sub>2</sub> 吸収 火山 (マグマ) からのCO <sub>2</sub> 放出 沼地・湿地からのメタン放出 凍土溶解・ハイドレート解離によるメタン放出	化石燃料大量燃焼によるCO <sub>2</sub> 放出 森林伐採 海洋汚染による珊瑚礁縮小	化石燃料燃焼排ガスからCO <sub>2</sub> 回収・貯留 (CCS) 森林保全・大規模植林 岩石風化促進 バイオチャー、土壌CO <sub>2</sub> 吸収増進 珊瑚礁保全・育成 海洋施肥 (鉄・炭酸塩など) 海洋CO <sub>2</sub> 吸収促進/湧昇流 CO <sub>2</sub> 注入による藻類育成・バイオ燃料工場 大気CO <sub>2</sub> 直接吸収・貯留

**意図しないジオエンジニアリングのために自然状態の三分の一増になっている大気CO<sub>2</sub>濃度を低下させるために、大気CO<sub>2</sub>直接削減ジオエンジニアリングが求められる。**

**大気CO<sub>2</sub>直接削減の短所:** 火力発電所の燃焼排ガスはおおよそ10%程度のCO<sub>2</sub>濃度であるが、大気CO<sub>2</sub>濃度は0.04%弱とCO<sub>2</sub>濃度ははるかに薄いので、同量のCO<sub>2</sub>を削減するために大気CO<sub>2</sub>削減の方がずっと多くのエネルギーを消費する事になる。

**大気CO<sub>2</sub>直接削減の長所:** 大気は廃棄物ではなく、CO<sub>2</sub>濃度が低いので人間の健康に無害である。大気は何処でも存在しているために、場所を選ばずに削減を実施できる。発電所や大工場などの排出源から遠い、いかなる遠隔地でも実施できるため、ソースシンク・マッチングの問題が無く、運搬コストが不要という大きな利点がある。このためCO<sub>2</sub>貯留に最適な場所を選ぶ事が出来る。排出源とは関係がないので、排出責任と直結せず、国や企業の思惑や国際政治上の争いに巻き込まれ難いという隠れた利点もある。現今の政治状況から見て、最大の利点かもしれない。

大気CO<sub>2</sub>マイクロバブル土壌・地層・海洋吸収法の開発提案

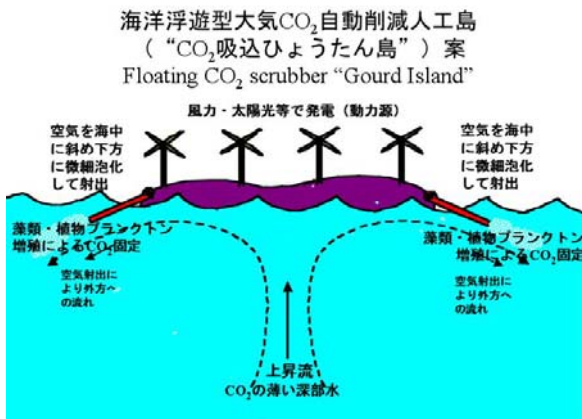


海外で提案されている大気CO<sub>2</sub>直接削減ジオエンジニアリングの代表例: "ラックナー人工島"



Institution of Mechanical Engineers: "Geo-engineering - Giving us the time to act?"

新しく提案するマイクロバブル法大気CO<sub>2</sub>直接削減技術は、マイクロバブル法CO<sub>2</sub>地中固定技術の大気への応用である。マイクロバブル法CO<sub>2</sub>地中固定技術では、発電所等の燃焼排ガスから回収したCO<sub>2</sub>をマイクロバブル法大気CO<sub>2</sub>直接削減技術は大気そのまま、あるいは大気から膜分離法や吸着法でCO<sub>2</sub>濃度を高めた空気を用いる。大気は廃棄物ではない。また、CO<sub>2</sub>は低濃度であれば、植物には有益で、人間・動物の健康にも害は無い。数%以下の低濃度のCO<sub>2</sub>を含む空気は、浅い海中や地中に注入しても安全であるだけでなく、植物や藻類や植物プランクトンには有益である。しかし、温室効果ガス削減のためにはCO<sub>2</sub>が大気中に湧出することは、できるだけ抑制したい。そのためには、浅い海中や地中でも長期的にCO<sub>2</sub>を大気から隔離するメカニズムが必要になる。



マイクロバブル法大気CO<sub>2</sub>直接削減技術は、未利用の自然エネルギーを活用して、大規模かつ経済的に温室効果ガス削減ができる可能性がある新しい温暖化防止ジオエンジニアリング技術になる可能性がある。海洋生物の増殖効果も期待されるが、海洋環境への長期的影響を検討する必要がある。

## マイクロバブル法大気CO<sub>2</sub>直接削減技術—温暖化防止ジオエンジニアリング

### Air microbubbles sequestration: an attempt at climate geoengineering

小出 仁<sup>1\*</sup>

Hitoshi Koide<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>温暖化防止地球システム株式会社

<sup>1</sup>CC Geosystem Laboratory

地球温暖化防止のための緊急手段として、大規模なジオエンジニアリング（地球工学）技術が最近注目されている。コペンハーゲン会議で、米国や中国等の新興国が温室効果ガス排出削減の義務を負うことを拒否したのは、化石燃料にまだ当分は頼らざるをえないことの現れとも言える。比較的小幅な温室効果ガス削減ですら合意できないようでは、温暖化対策が手遅れになることが既に避けられなくなっているとさえ思える。このような情勢から、直接的で顕著な効果のある温暖化防止策が求められるようになってきている。温暖化防止ジオエンジニアリングは、地球に傘をさすとか、雲を増やすとか、海洋に鉄などの養分を散布して藻類を増殖させるなど様々な提案がされているが、中には火山活動を活性化させる等のような危険を伴う案も真面目に提案されている状況である。

地球の巨大で複雑な天然のシステムを十分に理解できていない現状で、大規模なジオエンジニアリングを余儀なくされた場合には、自然の状態を変えない—あるいは、既に自然の状態から既に変わってしまった場合には—自然の状態に戻す方向でジオエンジニアリング技術を用いるべきであろう。CO<sub>2</sub>回収・貯留(CCS)は、CO<sub>2</sub>排出を大幅に削減して、大気中のCO<sub>2</sub>濃度増加を抑制するため、自然の状態を変えないことを目指すジオエンジニアリング技術である。CO<sub>2</sub>回収・貯留(CCS)は、年100万トン以上の規模のCO<sub>2</sub>地中貯留が世界で5箇所になり、北海海底下の帯水層には既に1,000万トン以上のCO<sub>2</sub>が貯留されている。しかし、コスト低減や長期安全性など課題は多く、日本など世界各国で最重点研究課題になっている。

大気中のCO<sub>2</sub>濃度増加を抑制するだけでなく、すでに自然状態の三分の一増になっている大気CO<sub>2</sub>濃度を低下させようとするのが大気CO<sub>2</sub>直接削減技術である。地球温暖化防止が手遅れになりそうな情勢から、従来荒唐無稽なトンデモ技術と思われて来た大気CO<sub>2</sub>直接削減技術が真剣に取り上げられるようになってきた。大気は何処でも存在しているために、場所を選ばずに実施できる。発電所や大工場から遠い、いかなる遠隔地でも実施できる。排出源とは関係がないので、排出責任と直結せず、国や企業の思惑や国際政治上の争いに巻き込まれ難いという隠れた利点もある。

新しく提案するマイクロバブル法大気CO<sub>2</sub>直接削減技術は、マイクロバブル法CO<sub>2</sub>地中固定技術の大気への応用である。マイクロバブル法CO<sub>2</sub>地中固定技術では、発電所等の燃焼排ガスから回収したCO<sub>2</sub>をマイクロバブル状にして地中に注入するが、マイクロバブル法大気CO<sub>2</sub>直接削減技術は大気そのまま、あるいは大気から膜分離法や吸着法でCO<sub>2</sub>濃度を高めた空気を用いる。大気は廃棄物ではない。また、CO<sub>2</sub>は低濃度であれば、植物には有益で、人間・動物の健康にも害は無い。数%以下の低濃度のCO<sub>2</sub>を含む空気は、浅い海中や地中に注入しても安全であるだけでなく、植物や藻類や植物プランクトンには有益である。しかし、温室効果ガス削減のためには

CO<sub>2</sub>が大気中に湧出することは、できるだけ抑制したい。そのためには、浅い海中や地中でも長期的にCO<sub>2</sub>を大気から隔離するメカニズムが必要になる。

このため、未利用の海洋自然エネルギーを活用して、大気から膜分離や吸着法によりCO<sub>2</sub>濃度を高めた空気を取り込み、海面下数メートル超の深さにマイクロバブル状で注入する浮体式大気CO<sub>2</sub>削減基地を提案する。CO<sub>2</sub>と酸素を含む空気を数メートル以上の深さの海水中にマイクロバブル状で注入すれば、高圧の水への溶解度の高いCO<sub>2</sub>が海水に多く溶解し、酸素もかなり溶解する。海水中にCO<sub>2</sub>と酸素の濃度が高まることにより藻類・植物プランクトンを増殖し、CO<sub>2</sub>固定をすることが期待されるが、養分の添加や石灰等による中和の必要性和海洋環境への影響についても検討が必要である。

マイクロバブル法大気CO<sub>2</sub>直接削減技術は、未利用の海洋自然エネルギーを活用して、大規模かつ経済的に温室効果ガス削減ができる可能性がある新しい温暖化防止ジオエンジニアリング技術になる可能性がある。海洋生物の増殖効果も期待されるが、海洋環境への長期的影響を検討する必要がある。

キーワード:大気,二酸化炭素,削減,マイクロバブル,自然エネルギー,地球温暖化

Keywords: atmosphere, carbon dioxide, mitigation, microbubble, natural energy, global warming