HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	排出取引ゲームの開発：社会的ジレンマ状況における社会的現実感
Author(s)	長坂, 邦仁; 佐藤, 浩輔; 大沼, 進
Citation	シミュレーション&ゲーミング, 22(1), 122-136
Issue Date	2012-06
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/54920
Type	article
File Information	nagasaka.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

排出取引ゲームの開発
社会的ジレンマ状況における社会的現実感の共有化過程の観察ツールとして

長坂 邦仁・佐藤 浩輔・大沼 進（北海道大学）

要　約

社会的ジレンマ状況において，プレーヤー間に共有化された社会的現実感が協力・非協力，ひいては社会全体としての繁栄・滅亡をもたらすという過程を観察するためのゲーミングとして「排出取引ゲーム」を開発した．このゲームは 2 種の異なる利得構造をもつプレーヤーからなり，各プレーヤーは生産や排出取引によって自己利益最大化を目標としているが，効率的に CO_2 を削減しなければ全員が莫大な環境修復費用を負担しなければならず，負担できなければ滅亡となる．8 ゲームを実施し，そのうち 2 ゲームで滅亡した．滅亡したゲームはそうでないゲームと比較して，生産規模や CO_2 削減量や金額が多く，自身の情報公開は不利益につながると感じており，排出取引を有効活用できていなかった．全体的に，滅亡したゲームでは相互の情報共有や調整など相互協力の必要性を感じておらず，個人がめいめいに利益を追求する状況だと捉えられていた可能性が示唆された．

キーワード： 社会的ジレンマ，排出取引，社会的現実感，合意形成プロセス

1　はじめに：社会的ジレンマとしての地球環境問題

社会的ジレンマ状況において，個人の協力・非協力はプレーヤーそれぞれの状況の捉え方の違いによって決定される．本研究の目的は，プレーヤーの相互作用の結果，そうした状況の捉え方が徐々に共有された認識となり，社会的に表象されるプロセスをデモンストレートすることにある．

CO_2 排出などによる地球温暖化問題は，地球規模の社会的ジレンマないしコモンズ(共有地の悲劇; Hardin, 1968)と見なせる．一般に，地球温暖化問題の制度的解決の方向性には 2 つあるといわれる．一つは，行政などの統治機構が市場に規制をかけていく手法で，環境税などがその例である．もう一つは市場に外部不経済であったものを内部化することによって，社会的ジレンマないしコモンズの問題を市場メカニズムの中で解くことといえる．後者の主要な手法の一つに排出取引があると位置づけられる(天野, 2009).

本研究では，地球温暖化問題が社会的ジレンマであるという前提を構造的に保持した上で，市場としてみればあえて不完全な状況を作り出した『排出取引ゲーム』を開発した．それは，その中で自己利益追求を要求されているプレーヤーが，相互協力を達成できるか否かを観察できる状況を念頭に開発したためである．後述するように，排出取引は，本来，理論的には個人(ないし個々の企業など)が CO_2 削減に協力した方が協力しなかった場合よりも得になるような誘因を導入することが自明の前提となっている．しかし，今回開発した排出取引ゲームではあえてその前提が成り立っていないように設計した．しかし，その中でもやはり相互協力が達成できれば，社会全体も個々のプレーヤーも利益が増える仕組みは保持している．個人個人が自身の利益だけを追求し，相互協力の重要性に気づかなければ，世界の滅亡という形で，社会全体にも個人にも不利益が被るように設計した．

このように不完全な形で排出取引制度を組み込んだ本ゲームの状況では，しかし，社会全体として認識が共有化され，社会的現実感が形成されると，理論上の矛盾を超えて，現実に機能しはじめる．本研究の狙いは，その共有化プロセスと帰結との関係を観察することにある．

2 ゲームの開発

2.1 ゲームのコンセプト

現在，地球規模の環境問題をめぐり，その対策として各国各地域にはそれぞれ固有のルールが存在している．こうしたローカルなルールは，世界全体で対策を講じる際にその妨げとなることがある．ローカルに発展したルールにはそれぞれの地域的・歴史的特徴や取引慣行など文化的背景を鑑みると理にかなっていることも多いが，このことがかえって世界全体での合意に至りにくくしている．例えば，排出取引市場や気候変動枠組み条約におけるポスト京都議定書が挙げられる．こうした合意形成には，相手にとって何が利益となり得るのかを理解することが重要である．だが，言うは易いが，実際にうまく利害を調整しながら相利的に交渉することは難しい．記述レベルでは微細な差異しかなくても，実際に交渉がうまく成立しないことは多々ある．こうした特徴をゲームに織り込むことが肝要と考えた．

そこで本研究では，社会的ジレンマや集団間葛藤などの側面を構造的与件として盛り込むことで，相互協力が達成されたりされなかったりという状況を再現するために，ゲーミングを構築した．そのため排出取引ゲームは，必ずしも現実の排出取引制度を忠実に再現したものとなってはいない．ゲームに実装された社会的ジレンマの構造的与件については後述する．

上記のことを踏まえた上で，以下では，現在の排出取引制度の動向について簡単にまとめる．

2.2 排出取引と社会心理学的関心

排出取引制度とは，企業や国などが CO_2 排出削減を取り決め，その目標達成において排出枠の取引を認める制度である．企業や国は目標とした排出枠よりも排出が超過した場合，下回って排出した企業や国と排出枠の取引を行うことができる(天野, 2009).

近年，温室効果ガス(CO_2)による地球温暖化などの問題を受け，排出取引制度への注目が高まっている．多くの企業

や自治体，各国で独自の排出取引制度が行われており，EUや日本，カナダ，オーストラリアなどの先進国でそれぞれが独自の制度を発展させている．日本国内でも同様にいくつかの制度が試行段階にあり，東京都では独自の制度(地球温暖化対策計画書制度)を展開している．

多くの排出取引制度で，国や州，地方自治体などの地域ごとに利益を得ようとする仕組みが構築されつつあるものの，世界全体では共通のルールが形成されていない状態である．例えば，現在はキャップ&トレード方式が世界の主流だが，その排出枠の設定方法は各国・地域でかなり異なり，無償のベンチマーク方式や，有償のオークション方式など様々な方略がある(環境省, 2011)．また，排出取引制度を試行導入している先進国を中心とした各国・地域では，経済の仕組みが様々である．そこに参加する企業は，それぞれ生産能力，CO_2 排出量，CO_2 削減の技術などが異なっているため，利益を最大化するための行動は必然的に異なってくる．そのため，本来，各国・地域で協力関係を築くことができれば効率的に全体の利益を増やすことが可能であるものの，そうした協力関係を阻害する要因が多く存在していると考えられる．

排出取引の問題は，主に経済学の観点から論じられているが(天野, 2009; 西條ら, 2009), 社会心理学の観点からも注目すべき点がある．本研究では，社会的ジレンマの観点から取り上げたい．

排出取引の文脈において，社会的ジレンマ問題，とくにフリーライダー問題に対しては，多くの制度で対策を講じるべく議論をしているのに対し，集団間葛藤の側面はあまり議論されていない．前述のように，世界各国で，あるいは国内でも様々な独自のルールが施行されており，独自の市場が形成されようとしている．これらの市場間の交流が円滑に進めばより全体の利益が生じたり，相互協力が達成されやすくなると期待されるが，市場ごとのローカルルールが増えるほど，規模のメリットを作りにくくなり，潜在的な市場拡大のチャンスを逃すことになるだろう. しかし，個々の制度の傘から見れば，それぞれの独自ルールを広めた方が有利になるため，簡単に妥協はしにくい．こうした中で，同じ制度の傘の中では協力しやすくなる一方，異なる制度間では協力しにくくなるどころか，場合によっては市場拡大の権益を巡って葛藤状況になる可能性も低くないだろう．実際，EU ではすでに排出量取引所が開設されているが，アメリカやカナダでは独自の市場を開こうと模索している．アメリカ国内でも，州レベルで独自の市場(例えば, Regional Greenhouse Gas Initiative; RGGI, Western Climate initiative; WCI など)を開設しているところもあるが，統合の兆しは見えてこない．その背後には，純粋な経済取引だけではなく，それぞれ自国や自地域に有利な市場を作るための駆け引きが見え隠れしている．こうした利害の葛藤を乗り越えて国際的な合意を形成する道筋について，可能なシナリオを考える意義はあるだろう．

2.3 社会的ジレンマにおける協力･非協力と社会的現実感

上記の議論を踏まえ，排出取引ゲームの開発にあたり，社会的ジレンマの側面を構造的与件として実装した．そこで，これまで行われてきた社会的ジレンマに関する研究について概観する．

これまで社会的ジレンマについての研究は多くなされてきており，協力行動を導く条件などについては膨大な蓄積がある(主なレビューは，Dawes, 1980; Marwell & Schmitt, 1972; Pruitt & Kimmel, 1977 など). 研究上の関心は分野や研究者によって様々であるが, その大きなものの一つとして，囚人のジレンマのような単純なものでも協力する人としない人がおり，その違いに焦点が寄せられてきたと言ってよいだろう．心理学では，例えば動機の違いなどについて多くの研究があるが(Deutsch, 1958; McClintock et al, 1974; Messick & McClientock, 1968; Terhune, 1968)，状況の捉え方に着目した研究もある．例えば，Pincus & Bixenstine (1977)は，混合動機を扱う場合には，状況そのものよりも状況の主観的な解釈に依存して行動が決まると述べている．

こうした個人の状況の捉え方の違いが行動を左右するという研究は膨大にあるが(e. g. Buckley et al, 1974; Pruitt & Kimmel, 1977)，その個人の認知の集約過程によって社会的に実際に生じる帰結とのマイクロマクロダイナミックスまで踏み込んで分析している研究は多くはない(cf. 大沼・北梶, 2007; 山岸, 1992).

だが, この現実感の共有化による社会的表象こそが研究されるべき課題である(Abric, 1982). さらに Shubik (1971)は，1 ドル札をオークションにかけると 1 ドル以上の価格で落札されるという寓話から,「どのような行動がなされるかはプレーヤーの社会心理的な実感に依存する」(p.111)と述べている．この“社会心理的な現実感(social psychological reality)”が形成されるプロセスを明らかにすることは，現実の人間社会の問題を考える上でも重要である. すなわち，現実の問題では，そこに社会的ジレンマ構造が存在するかどうかは不明確である．つまりどのような行動をとれば協力行動となるか，反対に非協力行動となるかは，一義的には定義しにくいため，ある状況を社会的ジレンマ状況と捉える人もいれば，捉えない人もいるであろう．だが，ひとたびある社会的現実感が共有化され社会的に表象されると，そこに関わる人々にとっては社会的ジレンマ状況が現実に存在していることとなる．例えば，環境問題における合意形成場面では，コミュニケーションを通じて，個人の利益の追求を超えた社会全体の共益を求めることが望ましいという考え方が，人々の間で共有されていく．これは，人々は社会的ジレンマに似た枠組みで状況を捉えなおそうとしているとみなせる(土場,2008; Ohnuma, 2009)．このことは，ひとえに現実感が人々の間に共有されていくことで社会的現実が形成されることを意味しているといえよう．

だが，上記のような社会的表象のプロセスは，例外はあるものの，統制された実験状況では捉えにくい．Shubik(1965)はゲーミングを統制された実験と対照して，「ふつう，どの形式的ゲーム論に関するものよりも，集団心理的動態過程が多く観察される」と述べている．このように，ゲーミングこそ，よりダイナミックな集団過程が観

察可能であり，プレーヤーたちが作り上げる現実感を扱うのにふさわしい技法であり(Greenblat, 1974; 広瀬, 2000), 社会的ジレンマの問題を扱う上でも有効である(大沼, 2011).

2.4 排出取引ゲームに実装した社会的ジレンマの側面

本ゲームで構造的与件として実装した社会的ジレンマの側面について，ゲームのルールに即して簡単に述べる．

全てのプレーヤーは企業の経営者であるという設定で，業種によって利益率や利益のあげ方などは異なるが，自己利益を最大化することが共通して求められる．企業を経営する際に，目先の利益を追求するには規模を拡大して企業活動を拡げるほど自身にとっては得となるが，同時に CO_2 を多く排出することになる．企業が利益を追求すればするほど排出量は増加し，環境汚染が引き起こされる．環境汚染が深刻化することで，洪水が起こったり，反対に環境に配慮するあまり企業活動を控えると景気が後退するなど，全体に不利益が生じる．ゲームの中では，自ら CO_2 を削減したり，排出枠を買うことで CO_2 削減に貢献できるが，いずれもコストがかかる．したがって，これらを協力行動と見なせば，自分は協力行動をとらない方がより利益は得られる．しかし，協力が少ないほど，社会全体利益も小さくなる．これが，本ゲームに実装されている社会的ジレンマ状況である(詳細については Appendix 参照).

2.5 排出取引ゲームの特徴と既存のゲーム

以上の研究上の関心に鑑み，本研究では社会的ジレンマと集団間葛藤を構造的与件として組み込んだ「排出取引ゲーム」を開発した．社会的ジレンマを構造的与件として実装しており，実際にプレーヤーが相互作用を行うという点で類似しているゲーミングには，仮想世界ゲーム(広瀬, 1997)や産業廃棄物不法投棄ゲーム(大沼・北梶, 2007)などがある．排出取引ゲームは，大きくはこれらと同じ発想に基づくが，次のようにいくつか異なる特徴も有している．

ゲームの規模としては，排出取引ゲームは，8〜10 名程度で実施し，二時間ほどで終えるという点では産業廃棄物不法投棄ゲームに近く，40 人から 50 人で一日がかりで行う仮想世界ゲームほど大がかりではない．

仮想世界ゲームは，社会的ジレンマと集団間葛藤が構造的与件として実装されており，葛藤と協調のプロセスを観察でき，これら一連のプロセスを渾然一体として理解できる点に特徴がある．一方，排出取引ゲームでは，個々人や集団が利益を得るための活動と，集団が対立を乗り越えるための交渉の段階を分離した．これにより，合意形成プロセスの要件を分析可能にすることを目指す．

実際の合意形成場面では，人びとはそれまでの経済活動をはじめ複雑な利害の葛藤などの影響を受ける．排出取引ゲームでは，様々な公正原理に基づく意思決定が観察される．例えば，分配公正だけみても，結果の平等，負担割合の平等，資産に応じた傾斜負担という衡平，それまで環境に負荷をかけた割合に応じた衡平など様々な基準が存在する．また，それまでの交渉の経緯や協力・葛藤関係も影響する．こうした中で，話し合いによる合意がどのようになされるかに焦点をあてるため，合意形成のプロセスを独立に切り離した．

もう一つの特徴は，協力行動の定義の仕方である．仮想世界ゲームでは，環境問題の発生を防ぐために，環境浄化寄金を集めるように呼びかけ,そのための活動を展開する,などの行動が協力行動であった．また，環境問題が発生した際に必要とされる解決費用の分担が社会的ジレンマ状況における協力行動の指標となる．産業廃棄物不法投棄ゲームでは，産業廃棄物の適正処理と他のプレーヤーへ十分な委託金を払うという行動が協力・非協力行動の指標となっていた．これに対して，排出取引ゲームでは，社会的ジレンマ状況が構造的与件として実装されているものの，一つの行動だけを取りだして一義的に協力行動，非協力行動を定義できない．ひとえに協力行動といっても，複数の行動の組み合わせによって定義できる状況を設定している．ルールの詳細は後述するが，例えば，生産活動を行って利益を得る行為それ自体では協力か非協力かを判別できないが,生産に応じた CO_2 削減や排出枠の購入とを組み合わせると,協力・非協力の程度を定義できる. そのため, 一見すると, 他のプレーヤーと協力する状況というよりは，個人で取引を行う状況，すなわち，自己利益の追求が社会(経済)の発展を促すという，社会的ジレンマ状況ではない状況であると捉えられやすい．このように，多くのプレーヤーが自己利益追求の市場だとみなすようになれば，社会全体での協力の必要性が理解されにくくなる．そして，プレーヤーは社会的現実感としては社会的ジレンマ状況ではないと認識し行動するようになるであろう．もちろん，社会的ジレンマ状況であると気づいて相互協力の必要性を感じるプレーヤーもいるだろう．こうしたプレーヤーごとに異なる状況の認識が，相互作用により徐々にプレーヤー間で共有されていくプロセスを観察するツールとして，排出取引ゲームを作成した．

3 排出取引ゲームのルール概要

排出取引ゲームの基本的なルールを以下に示す.

3.1 ゲームの基本設定

ゲームは 8〜10 人で行う．ゲームには A 国，B 国の二つの国があり,それぞれに複数の企業がある.プレーヤーは,そのうち一つの企業の経営者となる．どの国のどの企業になるかはくじ引きによって決まる．企業には工場と商社の二種類があり，あらかじめゲーム開始時の初期資産および排出枠の初期割当量，単位あたりの CO_2 排出量などが異なる設定となっている．工場と商社の数は国によって偏りがあり，商社が多くある商業国と工場が多くある工業国とに分かれている．ただし，企業の数は A 国・B 国とで同数であり，各国 4〜5 名で構成されている．A 国は商社が多く，工場が一つしかない．逆に，B 国は工場が多く商社が一つしかない．例えば，10 人で行うゲームの場合，A 国には商社が四つ，工場が一つ，反対に B 国には商社が一つ，工場が四つとなっている．これは，CO_2 を削減できる工場と富を増やしやすい商社が偏在することで，全体の調整を困難にする要因となると考えられるためである．逆に，工場と

商社がほぼ同数ずつであると，それぞれの国で完結して CO_2 削減が可能となってしまい，本研究の目的である国を超えた全体利益の調整の必要性が弱まるためである．

なお，全てのプレーヤーは自己利益の最大化を目指す．プレーヤーには，最終的に所持していた資金に応じて報酬と交換することを，ゲームのインストラクションの際に教示した．

3.2 排出取引ゲームのレイアウトおよび企業の初期値

排出取引ゲームは，教室など一つの部屋で行う．そのレイアウト例を図 1 に示す．

一つのテーブルが一つの国となっており，プレーヤーは自国のテーブルを囲むようにして座る．テーブルには，それぞれのプレーヤーが工場もしくは事業所に見立てたブロック(詳細は「3. 4 各ステージの詳細」を参照)を置くスペースが設置されている．各プレーヤーの間には衝立が立てられており，手元が隠れるようにしてある．

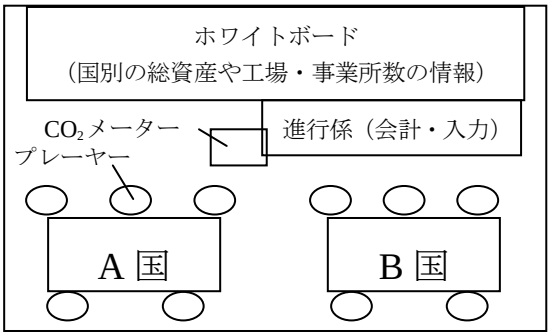

図 1 排出取引ゲームのレイアウト例

各プレーヤーには初期資産としての資金と，割り当てられた排出枠があらかじめ配布されている．これらは工場と商社では初期値が異なっている．本ゲームで用いた初期資産および排出枠を表 1 に示す．工場は，初期資産は少ないものの，排出枠が多く配布される．反対に商社は，初期資産は多いものの排出枠が工場と比較して少なく設定されている．企業間では初期資産，排出枠の初期割当量が異なるものの，ゲームごとにパラメータは固定であり，本研究で行ったゲームでは一貫して表 1 のパラメータを用いて検討した．

表 1 企業に割り当てられる初期資産と排出枠

	初期資産($)	排出枠(t)
工場	600	1200
商社	1200	300

また，全体のルールを示したルールブック全体編が全員に，工場または商社の個別のルールブックが該当する役割のプレーヤーに配布される．プレーヤーはゲーム中進行係に自身の行動を記録して提出するため，企業活動や取引などを記録する記録用紙セット及びプレーヤー個人がメモとして用いる個人用記録用紙があらかじめ配られている．

3.3 ゲームの流れ

排出取引ゲームの一連の進行を図 2 に示す．ゲームは，大きく二つのステージに分かれている．一つは，企業の規模拡大や取引，CO_2 削減などを行うステージ，もう一つは，国家間交渉により世界全体での環境修復費用の負担割合について合意を求められるステージである．

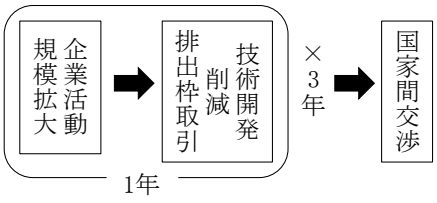

図 2 ゲームの流れ

3.4 各ステージの詳細

第一のステージでは，まず，プレーヤーは，工場・事業所を増やせる規模拡大と，年間の生産数を決定する企業活動を任意で行う．続いて，排出枠取引，技術開発・削減(工場のみが可能)を行い，指定された用紙に記入する．ここまでを 1 年とし，これを 3 年繰り返す．第二のステージでは，A 国・B 国の間で国家間交渉を行い，環境修復費用をどの割合で負担するのか話し合う．各ステージでプレーヤーが行うことの詳細は次の通りである．

まず，企業活動・規模拡大のステージでは，工場プレーヤーは工場を，商社プレーヤーは事業所を増やすことができる(「規模拡大」)．増やした工場・事業所の数だけ自動的に生産することとなり，生産数に応じて利益を受け取る(「企業活動」)．生産に付随して CO_2 が排出される．工場と商社では生産一単位あたりの CO_2 排出量が異なる．また，生産単位は年にいくらでも増やすことが可能であり，コストはかからない．ただし，一度増やした工場・事業所は自身で減らすことはできない．本研究で行ったゲームで用いたパラメータを表 2 に示す．

表 2 工場又は事業所一つあたりの利益と CO_2 排出量

	利益($)	CO_2 排出量(t)
工場	200	400
商社	200	200

上に記した「規模拡大」及び「企業活動」を終えたプレーヤーから，記録用紙に記入し，進行係に提出する．進行係がその増やした工場及び事業所と利益を，プレーヤーに配布する．制限時間は規模拡大及び企業活動を合わせて 1 年目は 10 分，2 年目以降は 5 分で行う．

次に，排出枠取引，技術開発，削減を行う．ここでは 1 年目は 20 分，2 年目以降は 15 分である．排出枠取引では，プレーヤー同士が任意で排出枠の取引を行うことができる．取引は国内外を問わず行うことが可能で，A 国と B 国との間で移動費用はかからない．ただし，取引できるのはあくまでも権利として有する「排出枠」であって，排出された CO_2 そのものを取引することはできない．取引の交渉が成立したのち，記録用紙に記入し，進行係へ提出する．

最後に，技術開発・削減を行う．これは工場を経営するプレーヤーのみが可能であり，CO_2 を削減する能力を向上させる「技術開発」と， CO_2 を減らす「削減」を任意で行

う．「技術開発」を行うには，自身の資金のうちから 1 回 150$を支払う必要があるが，$CO_2$削減コストを一律 20%減らすことができる．工場を経営するプレーヤーは全員ランクDからゲームを始める．1 年に 1 回のみ技術開発をすることができ，ゲーム全体では最大 3 回行える．技術開発の効果はゲーム終了まで継続され，ランクが上昇すればするほど CO_2 を安く削減できる(図 3).

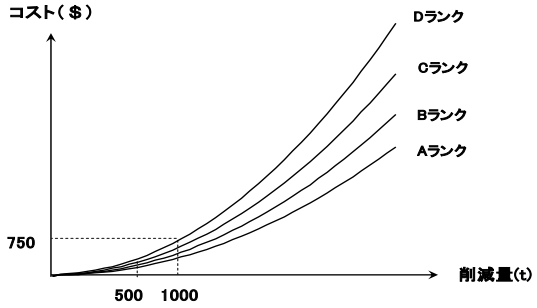

図 3　技術開発による削減コストのイメージ図

また，技術開発と同時に CO_2 削減も行う．削減は 100 t 単位でのみ行うことができる．工場を経営するプレーヤーのルールブックには，削減コスト表が記載されており，その削減コストを支払うことで CO_2 を削減できる．技術開発をした場合には，その年から効果は有効となり，技術開発後のランクに応じた削減コストを支払う．技術開発及び削減が終了したら記録用紙に記入し，進行係へ提出する．

CO_2 の累積発生量は，自身で排出・削減した量についてはわかるが，それ以外については他のプレーヤーに尋ねる必要がある．また，世界全体の CO_2 排出量については，プレーヤーは詳細な数字を知ることはできないが，「CO_2 メーター」が進行係席のそばに置いてあり，およそどのくらい危機的な状況かをイメージできるようになっている．つまり，CO_2 メーターに入っているボールは CO_2 をあらわしており，このボールがメーター(容器)の容量を超え，溢れていると CO_2 排出量の上限を超えていることが想像できる．

図 4　CO_2 メーターのイメージ図

以上の流れを 1 年と呼び，これを 3 年繰り返した後に国家間交渉へ進む．本ゲームは 3 年という比較的短いスパンで行うが，次に述べる運用上の制約によっている．第一に，参加者への負担等も考慮し，ゲームの時間制約上，2 時間程度で終えることができる 3 年で終了としている．第二に，3 年も繰り返すと，ほぼ取引相手が固定されてきたり，ルーティーン的な行動をするプレーヤーが増えてくるため，それ以上続行しても取り立ててゲーム展開に新たな動きが生じるわけではないためである．

「国家間交渉」では，企業活動などに伴い排出した CO_2 による環境汚染の修復を世界全体で支払わなければならないが，その費用の負担について交渉をする．ここで扱う国家間交渉は，市場メカニズムとしての排出取引とは別のプロセスである．むしろ，イメージとしては，締約国会議(Conference of the Parties，COP)に近く，各国が経済状況を踏まえて自国の利害のために交渉する場である．COP はその前提としては外交問題であるが，交渉の場における共通のカードを単純化すれば，各国の経済状況と CO_2 排出状況と見なせると考えた．本ゲームでは，A国とB国を合わせた世界全体の排出枠に，実際の CO_2 排出量が達していなければ，あらかじめ設定されたベースレート(8 人の場合は 7000$)を世界全体で支払う．しかし，世界全体の排出枠よりも多く排出した場合，ベースレートに加え超過分の環境修復費用を世界全体で支払わなければならない．その超過分の環境修復費用については，図 4 に示したように 2 次関数的に急激に増加するようになっている．したがって，超過が多いほど，環境修復費用の支払いが困難な金額となる．ベースレートを超過していてもいなくても，誰があるいはどの国がどのくらい費用を払うかはプレーヤーの交渉に委ねられる．プレーヤーはこの環境修復費用の負担割合を国家間で話し合い，各国・各企業の合意の下，環境修復費用を支払う．また，環境修復費用を支払うことができなかった場合には，人類滅亡となりゲームオーバーとなる．なお，ここでいうベースレートは，排出割り当てを意味するものではない．排出割り当ては，あくまでも各企業がごとに割り当てられるものである．ベースレートは，地球に深刻な影響をもたらすダメージを表現したもので，本ゲームの中では，簡便のため一義的に算出可能なものであるとした．

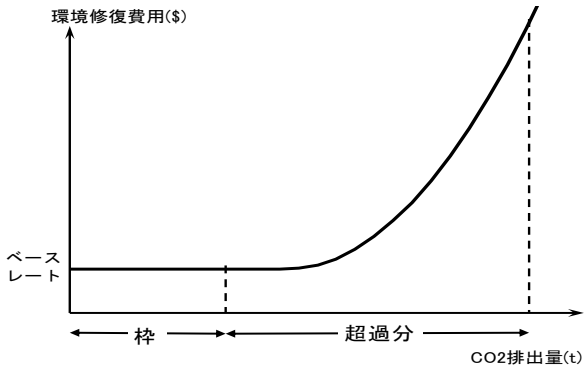

図 5　環境修復費用増加のイメージ図

3.5　世界全体のルール

世界にはいくつかの共通のルールがあるが，それ以外については，各プレーヤーが個人の判断に基づいて行うことができる．

世界全体のルールは，個人，国，世界全体の三段階があ

る．まず，個人では，プレーヤーがあらかじめ割り当てられた排出枠以上のCO_2を排出してもとくに罰則などのペナルティーはない．次に，国単位では，毎年，国ごとに経済成長が求められており，国内企業の資金の合計金額が，その年の開始時よりも低い場合，景気後退としてその国の各企業の所持金のうち10%が一律失われる．これは以下の2点の理由から設定したものである．まず，このルールがなければ一切の活動すなわち，経済成長もせず，環境にも影響を与えず，時間だけをやり過ごすことが可能となり，ゲームとして成立しえなくなってしまうため，対策として導入した．さらに，本ゲームの目的の一つでもある，集団間葛藤の側面を，国家間競争という形で強調するため，2 国が互いに経済成長を巡り，競っているという状況を設定した．

世界全体では，地球温暖化による洪水被害がある．世界全体で1年分の排出枠の総量の1.5倍を超えてCO_2を排出した場合，その年の終わりに洪水が起こる．洪水によって各企業の工場・事業所が3個につき一つが没収される．工場・事業所が3個以下の場合でも一つは没収される．さらに，最も工場･事業所を所有していた企業のうち上位三つから，排出枠を 100t ずつ合計 300t 没収する．これらの景気後退や洪水発生については，各セッションの終了時に告げられ，これらが発生したときは次のセッションが始まる前に資金や工場，排出枠などが没収される．

3.6　本ゲームにおけるプレーヤーの最適な行動

以上のことから，本ゲームでは工場と商社を比較すると商社のほうが1単位あたりのCO_2排出量が少なくすむため，商社がすべての生産を請け負い，工場はCO_2の削減に専念することで利益が最大となる．その際，商社は，工場・商社が所持している資金で削減が可能な上限いっぱいまで生産を行う．さらに，工場が削減を行う際には，すべての工場で平等に分担して削減に取り組むことが，理論上はプレーヤーの最適な行動となる．

4.　ゲームの実施

4.1　手続き

上記のルールの下で，8 ゲームを実施した．1 ゲームあたりの参加者は 7～10 名であり，合計 71 名が参加した．以下では 8 つのゲームをゲーム 1 からゲーム 8 と呼ぶ．

参加者は自己利益の最大化を目標としており，ゲーム終了後の最終的に所持している資金によって報酬が異なることが伝えられた．

全体のルールを説明したあと，くじ引きによって役割を決め，その役割ごとに決められた席に着いた．役割ごとに配布されたルールブックを確認し，参加者自身で企業の名前を考えたのち，ゲームを開始した．

また，ゲーム終了後に質問紙への回答を求めた．質問紙は，自分や他のプレーヤーの行動に対する評価や，排出枠・排出取引をどのようなものだと捉えていたかという認識などの項目からなっていた．それぞれの項目について，「1=まったくそう思わない，2=そうは思わない，3=どちらかといえばそう思わない，4=どちらともいえない，5=どちらかといえばそう思う，6=そう思う，7=非常にそう思う」の 7 点尺度を用いて回答を求めた．

4.2　結果 1：行動・活動指標

全体で 8 ゲーム行ったうち，3 年を終了した時点での資金が足りないため，環境修復費用を支払うことができず滅亡したゲームが 2 ゲーム，滅亡しなかったゲームが 6 ゲームであった．ここでいう 3 年目が終了した時点とは，取引のステージは終了したが，国家間交渉が行われる前を指す．また，ゲームが終了した時点とは，国家間交渉も終了した後のことを指すこととする．

以降では，滅亡したゲームと滅亡しなかったゲームの差異，またこうした状況におけるプレーヤーの状況の捉え方について着目して分析を行った．まず，生産規模，CO_2 排出量，技術開発回数，削減に支払った金額，削減量などのゲームの構造的与件として与えられている変動要因，つまりパラメータとして存在している変数群に直接関連する行動・活動指標を見ていく．

はじめに，3 年目が終了した段階での，全プレーヤーの 3 年間の合計の生産規模は，滅亡した 2 ゲームの平均は 52 個であったのに対し，滅亡しなかった 6 ゲームでは平均 29 個であった．続いて，ゲームごとにプレーヤーひとりあたりの生産規模を示す(図 6).

滅亡したゲームとそうでないゲームとを比較すると，滅亡したゲームにおいて生産規模が大きすぎたという結果が読み取れる．なお，滅亡しなかったゲームのうち，ゲーム 7 は滅亡したゲームと同じくらいの生産規模となっていた．

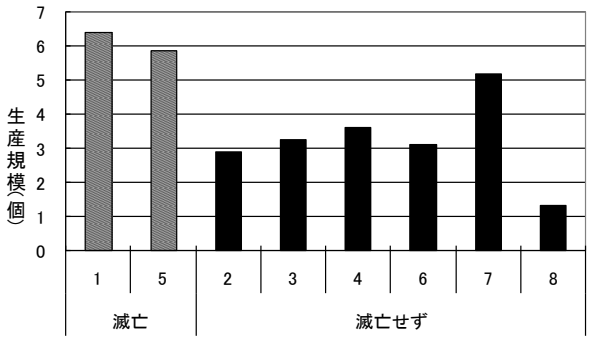

図 6　プレーヤーひとりあたりの生産規模

次に，3 年目が終了した時点における，ゲーム中の CO_2 削減を反映した CO_2 排出量の平均値は，滅亡したゲームでは 1048t であったのに対して，滅亡しなかったゲームでは 717t であり，滅亡したゲームのほうが排出量が多かった．

同様に，CO_2 の削減を反映した，ゲーム終了時のプレーヤー1 人あたりの CO_2 排出量を，ゲームごとに図 7 に示す．滅亡していないゲームではゲーム 3 がやや多くなっているものの，滅亡した 2 ゲームともに滅亡しなかったゲームよりも多くの CO_2 を排出していた．以上のことから，滅亡した 2 つのゲームにおいては，滅亡しなかったゲームと比較して，CO_2 を削減してもなお，CO_2 の排出量が多かったことが読みとれる．

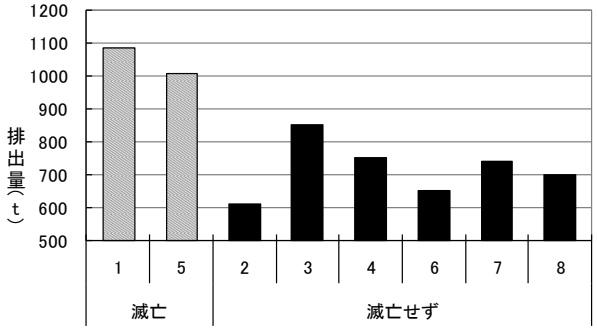

図 7　プレーヤーひとりあたりの CO_2 排出量

3 年目が終了した段階において CO_2 の削減量および CO_2 削減に支払った金額の平均値について滅亡したゲーム，滅亡しなかったゲームごとにみていく．まず，滅亡した 2 ゲームにおける CO_2 削減量の平均値は 3870t であったが，滅亡しなかった 6 ゲームでは 2427t を削減していた．また，削減に支払った金額の平均値は，滅亡したゲームでは 2672$であり，滅亡しなかったゲームでは 1574$であった．

次に，ゲーム終了時点における工場プレーヤーひとりあたりの CO_2 の総削減量(図 8)および CO_2 の削減のために支払った金額を示す(図 9).

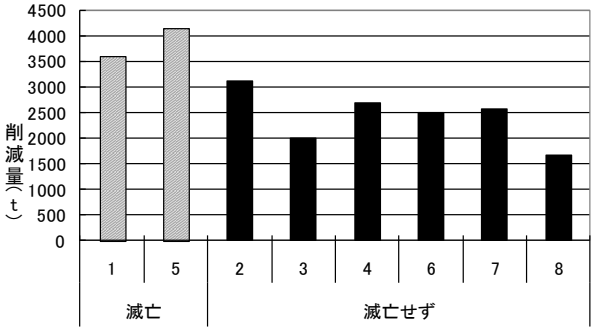

図 8　工場プレーヤーひとりあたりの CO_2 の削減量

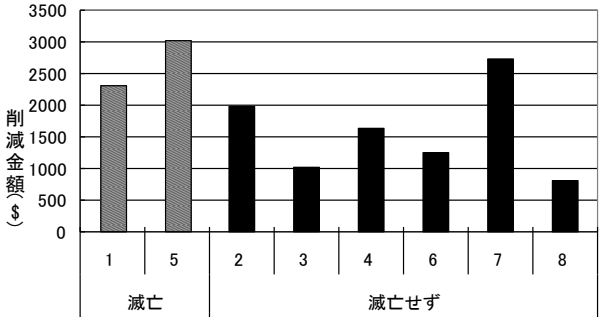

図 9　工場プレーヤーひとりあたりが CO_2 削減に支払った金額

滅亡したゲームと滅亡しなかったゲームを比較すると，滅亡したゲームで，CO_2 の削減量，削減に支払った金額ともに高くなっていたことが読みとれる. これらのことから，滅亡したゲームにおいては生産規模を増やしすぎた，もしくは効率的に生産できなかったために，削減しなければならない CO_2 の量が多くなったと推測できる．また，複数の工場で分担して CO_2 を削減することができれば，効率的に削減を行うことができるにもかかわらず，滅亡したゲームでは削減量, 支払った金額ともに高くなっていることから，CO_2 の削減が排出量に追いつかず，しかも，複数の工場で協同して削減を行うことができなかったと解釈できる．

4.3　結果 2：事後質問紙で得られた回答

ゲーム終了後に配布した事後質問紙の分析を行った．本研究で扱う社会的ジレンマにおける社会的現実感とは，他者と協力する場面だと思っているか否か，利益を得るためにどのような交渉を有利／不利と思っているか，などが用いられ，これらの集団レベルで集約された値(単純には，平均や標準偏差など)をもってひとまず社会的現実感の表象と見なすことにする(このことの問題と限界は考察で述べる). 排出取引ゲームでは，排出取引をすることで自身の利益にどう結びつけようとしているかなどについてゲーム単位で集約した値が一つの指標となり得る.

まず，自分や他のプレーヤーの行動に対する評価の項目についてみる．具体的には，「私が CO_2 削減することをみんなから期待されているだろう」，「自分の生産利益や CO_2 削減コストなどの情報は，自国の企業でも，知られると交渉が不利になりそうだ」という，2 項目それぞれの平均値および標準偏差を以下に示す(表 3).

表 3　自分や他のプレーヤーの行動に関する評価

		CO_2の削減を期待されている 平均(SD)		情報公開を不利益だと思う 平均(SD)	
滅亡	ゲーム1	4.14	(1.12)	3.71	(1.48)
	ゲーム5	4.80	(1.99)	4.00	(2.10)
滅亡せず	ゲーム2	2.89	(2.08)	2.67	(1.56)
	ゲーム3	3.75	(1.20)	3.38	(1.58)
	ゲーム4	3.38	(2.64)	2.88	(1.62)
	ゲーム6	3.60	(2.01)	3.20	(1.25)
	ゲーム7	3.40	(0.80)	3.00	(1.48)
	ゲーム8	2.67	(1.56)	2.67	(1.76)

以上の 2 項目ともに，滅亡したゲームのほうが滅亡しなかったゲームよりも得点が高かった．つまり，滅亡したゲームでは滅亡しなかったゲームと比べて，プレーヤーは CO_2 の削減を期待されているとより強く感じており，さらにたとえ自国内でも情報公開を行うことが，ゲームの進行に不利になると考えていた.

また上記の 2 項目に関して，国×業種の 2 要因分散分析を行ったところ，CO_2 削減への期待の項目で，国の主効果に有意傾向がみられ($F(3,67)=2.97$, $p<.10$)，業種の主効果も有意であった($F(3,67)=15.76$, $p<.001$)．また，国と業種の交互作用にも有意傾向がみられた($F(3,67)=3.77$, $p<.10$)．情報公開を不利だと思うという項目では，いずれの主効果，交互作用ともにみられなかった(*n.s.*).

以上のことから，A 国と B 国とを比較すると，商社が多く，工場が一つしかない A 国のほうが，CO_2 削減を期待されていると感じており，業種ごとにみると，工場のほうが商社よりもより強く削減の期待を感じていた.

続いて，排出枠や排出取引についての認識を測った，「排出取引を経営に上手く利用できた」「排出枠の取引をする意味がよく分らなかった」という 2 項目について，滅亡したゲームと滅亡しなかったゲームとを比較した．表 4 にその平均値および標準偏差を示す．

表 4　排出枠や排出取引についての認識

		排出取引を上手く利用できた		排出枠の意味がわからない	
		平均	(SD)	平均	(SD)
滅亡	ゲーム1	3.43	(1.92)	6.14	(0.83)
	ゲーム5	1.80	(0.87)	5.50	(1.28)
滅亡せず	ゲーム2	3.44	(1.71)	3.89	(2.02)
	ゲーム3	3.63	(1.80)	5.38	(1.65)
	ゲーム4	4.13	(2.52)	3.50	(1.80)
	ゲーム5	3.50	(1.69)	4.30	(0.90)
	ゲーム6	4.20	(1.47)	3.90	(1.58)
	ゲーム7	3.89	(1.52)	2.78	(1.13)

滅亡したゲームと滅亡しなかったゲームとを比較したところ，上記の 2 項目ともに滅亡したゲームとそれ以外のゲームとの間に有意な差が見られた．「排出取引を上手く利用できた」という項目では，滅亡したゲームのほうが平均値が低く($F(1,69)=6.73$, $p<.05$)，「排出枠の意味がわからなかった」という項目では，滅亡したゲームのほうが平均値が高かった($F(1,69)=7.91$, $p<.05$)．上記の結果は，滅亡したゲームでは，排出取引を有効に用いることができず，またその意味も理解出来なかったことを示しており，排出枠の有効な利用法についての認識がプレーヤー間で共有されなかったことの間接的な証左といえる．つまり，滅亡したゲームでは排出取引状況を，他のプレーヤーと協力し合い排出枠の取引を行う状況ではなく，個人が各々利益を追求する状況であると捉えていたために，排出枠の意味を理解できず，有効利用ができなかったと解釈できる．

5　考察

5.1 結果のまとめと解釈

本研究は，ゲームごとにプレーヤーの行動を記述し，滅亡したゲームと滅亡しなかったゲームとの比較を行った．その上で，プレーヤーそれぞれが排出取引の捉え方やゲーム状況で他者と自分との関係をどのように捉えているかの違いについても比較した．

全体で 8 ゲームを実施した結果，2 ゲームが滅亡し，6 ゲームは滅亡しなかった．そこで，滅亡したゲームと滅亡しなかったゲームの差異に着目して分析を行った．まず，行動・活動指標について，ゲーム 3 年間の生産規模の総数および CO_2 の排出量の平均値について，滅亡したゲームでは滅亡しなかったゲームと比較して生産規模が大きく，また CO_2 の排出量も多くなっていた．さらに，CO_2 の削減量及び CO_2 の削減に支払った金額について，滅亡したゲームでは滅亡しなかったゲームよりも多くの CO_2 を削減しており，かつ削減により多くの金額をかけていたことが示された．これらは，滅亡したゲームでは生産規模を増やしすぎたため，また効率的に生産することができていなかったために，削減しなければならない CO_2 の量が増えてしまった結果であると考えられる．また，削減に支払った金額が高くなっていることからも，効率的に削減が可能な方法をゲーム中にプレーヤー同士が見つけられなかったか，もしくは見つけられた人がいたとしてもそれを共有することができなかった結果であると推測できる．これは，共有地の悲劇を模したゲーム実験で，共栄集団と共貧集団に分かれたという佐藤・戸田・山岸(1985)の結果から解釈可能である．すなわち，ひとたび他者が協力しないという期待が形成されてしまうと相互非協力の連鎖から抜けられなくなるのである．ただし，佐藤ら(1985)は認知変数と共有化された認知については踏み込んで言及していない．

さらに，自分や他のプレーヤーの行動に関する評価について，行動・活動指標と同様に，滅亡したゲーム，滅亡しなかったゲームとを比較したところ，まず，CO_2 削減への期待や情報公開の不利益さの認知では，滅亡したゲームのほうが滅亡しなかったゲームと比べより強く削減を期待されていると感じており，かつ情報公開を不利であると捉えていた．最後に，滅亡したゲームでは排出枠や排出取引に関する認識がプレーヤー間で共有されていなかった．つまり，滅亡したゲームでは排出枠の意味が，どのように用いることが有効なのかという点がプレーヤー間で共有することができず，排出取引を上手く利用できなかったと感じていることが示された．

以上の結果は，商社のプレーヤーが削減を負担する工場のプレーヤーのことを考えて行動ができなかった，もしくは工場の能力や削減効率などを十分に理解しきれないまま行動してしまったためと考えられる．すなわち各プレーヤー間でどのように生産規模の拡大をするのか，工場の削減能力を効率的に活用するかなどの調整がうまくなされていなかったことを示唆している．これらを統合的に解釈すると，滅亡したゲームにおいては，プレーヤーは排出取引状況を個人単位で行うものであって相互協力が必要な状況とは捉えておらず，逆に，滅亡しなかったゲームでは相互に調整や協力が必要な状況だという社会的現実感が相互作用によってプレーヤーの間で共有化され，それが全体として社会的に表象してきたと推測できる (Abric, 1982; Moscovici, 1981).

なお，ゲーム 7 については，生産規模および CO_2 の削減に支払った金額においてかなり高い値であった．そのためこのゲーム 7 については上記の推測が当てはまらず，個別に考える必要があるかもしれない．このゲーム 7 では，商社が生産を一手に担っており，工場は生産を行うのではなく，商社の排出した CO_2 削減にまわるという顕著な役割分業が見られた．商社は工場と比較して CO_2 排出量が少なく済むため，他の滅亡しなかったゲームよりは生産規模の拡大による排出量が少なくなったといえる．しかし，1，2 年目に工場と商社の間で調整がうまくおこなわれておらず，一度に多くの CO_2 を削減したために削減に支払った金額が滅亡したゲームと同様に高くなった．つまり，ゲームの最初のうちは相互調整と情報交換がうまくいかなかったが，

ゲームが進むにつれ，分業の徹底と調整という形で相互協力が実現されたと解釈できる．これも，幅広い意味では，個人に閉じた活動にはなっていなかったために滅亡を回避できたと解釈できるだろう．

5.2 本研究の限界と今後の課題

本研究では，一見すると社会的ジレンマ状況であることが直感的にわかりにくい状況を設定した排出取引ゲームを用い，滅亡したゲームと滅亡しなかったゲームの比較を行った．しかし，同じ状況下で偶発的に生じたケースを比較しているため，どのような状況要因によって滅亡したりしなかったりするのかというところまでは明らかにされていない．今後は，疑似実験的デザインによって，滅亡をもたらす，もたらさない要因を特定していく必要があるだろう．

ただし，ゲームごとに個人の認識の平均値を比較しただけでは，集団として表象された社会的現実感を分析したと言い切ることは難しい．また， 行動・活動指標と認知変数との相関関係も十分に分析されていない．さらに，排出取引をどのようなものと捉えているかを測定する必要がある．ただし，本研究ではゲーム状況をどのようなものだと見なすかどうかの一側面は測定されており，ゲームの現実感の一部を捉えているという解釈は可能である．今後は，より直接的にゲーム状況の現実感を尋ねる工夫は必要であろう．滅亡する要因として，非協力の誘因と予見能力の不足という二つの解釈が可能であるが，本研究ではプレーヤーの予見能力不足の側面をやや強調して考察した．これは，社会的現実感の共有と予見能力との間に関連があると考えられるためである．しかし，本研究ではこうした関連を測定・分析するには至っていない．

以上のような課題を踏まえ，どのようなプロセスを経て滅亡するのかもより詳細に検討していく必要がある．相互作用分析はゲーミングであっても簡単ではないが，参加者間で，なぜ，どのように社会的現実感などの状況の定義が変化していくのかというプロセスについて，さらなる検討が必要である．

また，今回用いたゲームはルールが複雑すぎて飲み込みにくいという声も参加者から聞かれた．多くの参加者に抵抗感なく入りやすい設計とルール変更が必要であろう．

こうしたルール変更を通じて，他の観点からの研究も可能であろう．例えば，環境修復費用の支払いに関して平等分配などの傾向が観察された．こうした平等分配が，それまでの行動履歴や経済履歴などを反映したものなのか，日常生活での行動原理がゲームの中に持ち込まれたのかといった判別が，参加者へのインタビューから明確に得られなかった．今後は，ルールの簡略化などにより，ゲームへよりコミットできるような状態で観察される分配的公正についても扱っていくことが，排出取引ゲームを用いた展開の一つの方向性となるだろう．

また，排出取引ゲームには集団間葛藤の要素も構造的与件として採り入れられているにも関わらず，本研究では集団間葛藤に関するデータを取り上げて分析していないため，今後さらに検討する必要がある．

このような課題はあるものの，今後，本ゲームを用いてさらに検討する意義はあるだろう．

5.3. 本研究の意義

今回作成した排出取引ゲームは，必ずしも現実に検討されている排出取引を模したものではない．ましてや，現実の市場を想定しては成立しないだろう要件が盛り込まれている．例えば，CO_2 そのものを削減できるという設定や，削減できるプレーヤーが複数名で分担すると効率的に CO_2 削減ができるなどといった設定は，現実的な妥当性にむしろ反していると言ってよい．この意味においては，本研究で作成した排出取引ゲームは，現実の排出取引制度の設計には不向きであろう．それにもかかわらず，本研究は現実問題に対して貢献できる示唆が得られたであろうか．

どのような制度を構築したとしても，それに実効性がもたれるか否かは，罰や報酬などの強さではなく，そこに関わる人々の間に共有化される現実感次第である．そもそも地球温暖化が進行しているのかどうか，また進行しているとしてもどのくらいのスピードなのかについては，科学的には不確実性が高く，IPCC でも複数のシナリオを併記しており，地球温暖化が深刻に進行していると断定している記述はどこにもない．また，温暖化をもたらす物質は CO_2 だけではない．だが， CO_2 が温暖化をもたらす重要な物質であり，もしかしたら地球環境に，そして人類に深刻な影響をもたらすかもしれないという可能性が，ひとたび現実感をもって大多数の人々の間に共有されていくと，実際に様々な環境保全の取り組みが連鎖的に広がっていき，関連する制度ができていくという現象が，現実世界では見られる．だからといって，このように反応することを揶揄したり冷笑したりすべきではないし，無視すべきでもないだろう．ましてや，地球温暖化は起こらない，対策など不要であると扇動するのは論外である．むしろ，人間社会が維持されるために重要な現象と受け止めるべきであろう．このことは，とりもなおさず地球温暖化問題が社会的ジレンマ状況であり，そのために何らかの対策が必要であるという認識が共有され，それが社会的現実を作っているという見方が可能である．

あらゆる科学的予測が不確実な状況下では，未来は予測するものではなく創られるものになる．創られる未来は，何らかのコミュニケーションを通じて，多くの人びとに共有化された社会的現実感に依存するならば，どのような社会的現実感がつくられるかについては常に目を向けている必要があるだろう．そして，そのメカニズムとプロセスを明らかにする作業こそ，社会心理学をはじめとする社会科学で求められる．しかし，現実世界で起こっている現象について解釈することはできても，社会的表象のプロセスそのものを捉えることは極めて難しい．本研究で用いたようなゲーミング技法は，まさにそのツールとして優れている．本研究では，不完全ながらも，人々が置かれた状況を社会的ジレンマ状況のようなものだろうと捉えはじめ，それが参画したプレーヤーの間で共有されていくプロセスを捉えようと試みた．そして，プレーヤー自身が，置かれた状況

を個人単位で自己利益を追求する状況と捉えるか，一定量の利益に配慮しつつ環境問題など社会全体の便益にも目を向けるべき状況と捉えるかによって，社会的な帰結が異なる可能性について論じた．今後，さらなる検討によって，制度設計などの際に，そこに関わる人々に対して，どのように現実感を共有していくことが可能かという問題に対して有益な示唆につながっていくだろう．

本研究は科学技術融合振興財団研究助成並びに文部科学省科学研究費補助金を受けた.

参考文献

Abric, J. C. (1982) Cognitive process underlying cooperation: The theory of social representation. In Derlega, V. J. & Grzelak, J. (Eds.) *Cooperation and helping behavior*. New York: Academic Press, 74-96.

天野明弘 (2009) 『排出取引：環境と発展を守る経済システムとは』中公新書

Buckley, W., Burns, T. & Meeker, L. D. (1974) Structural resolutions of collective action problem. *Behavioral Science*, **19**, 277-297.

Dawes, R. (1980) Social Dilemmas. *Annual Review of Psychology*, **31**, 169-193.

Deutsch, M. (1958) Trust and suspicion. *Journal of Conflict Resolution*, **2**, 265-279.

土場学 (2008) 「個人と社会の共存に向けて：社会的ジレンマアプローチの可能性」, 土場学・篠木幹子(編著)『個人と社会の相克：社会的ジレンマアプローチの可能性』ミネルヴァ書房

Greenblat, C. S. (1974) Sociological Theory and the "Multiple Reality" Game. *Simulation & Gaming*, **5**, 3-21.

Hardin, G. (1968) The tragedy of the commons. *Science*, **162**, 1243-1248.広瀬幸雄 (1997)『シミュレーション世界の社会心理学－ゲームで解く葛藤と共存－』,ナカニシヤ出版

広瀬幸雄 (2000) 「多元的現実を理解するメディアとしての仮想世界ゲーム」,『シミュレーション＆ゲーミング』, **10**, 14-21.

The Intergovernmental Panel on Climate Change (2007) Forth Assessment Report. (気候変動に関する政府間パネル (2007) 第４次評価報告書)

環境省地球環境局 (2011) 「諸外国における排出量取引の実施・検討状況」, 環境省報道発表資料

環境省 (2012-2011) 「自主参加型国内排出量取引制度」 http://www.jasag.org/images/npo_doc/paper_rules/shippitsu_new-1.pdf (2011.5.25 確認)

McClintock, C. G., Messick, D. M., Kuhlman, D. M. & Campos, F. T. (1974) Motivational basis of choice in three choice decomposed games. *Journal of Personality & Social Psychology*, **9**, 572-590.

Marwell, G. & Schmitt, D. R. (1972) Cooperation in a three-person prisoner's dilemma. *Journal of Personality and Social Psychology*, **21**, 376-383.

Messick, D. M., & McCliintock, C. G. (1968) Motivetional bases of choice in experimental games. Journal of Experimental Social Psychology, **4**, 1-25.

Moscovici, S. (1981). On social representations. In J.P. Forgas(Ed.), Social cognition: Perspectives on everyday understanding. London: Academic Press. Pp.181-209.

Ohnuma, S. (2009) Effects of citizen participation program as procedural fairness on social acceptance: a case study of implementing a charge system on household waste in Sapporo. *8th Biennial Conference on Environmental Psychology*, 52.

大沼進 (2011) 「環境問題の合意形成の社会的ジレンマ：個人や地域の利害と社会全体の利害は調整できるのか」, 広瀬幸雄（編著）『仮想世界ゲームから社会心理学を学ぶ』 ナカニシヤ出版, 第 7 章, 99-113.

大沼進・北梶陽子 (2007) 「産業廃棄物不法投棄ゲームの開発と社会的ジレンマアプローチ：利得構造と情報の非対称性という構造的与件がもたらす効果の検討」, 『シミュレーション＆ゲーミング』, 17(1), 5-16.

Pincus, J. & Bixenstine, V. E. (1977) Cooperation in decomposed prisoner's dilemma game: A question of revealing or concealing information. *Journal of Conflict Resolution*, **21**, 519-530.

Pruitt, D. G., & Kimmel, M. J. (1977) Twenty years of experimental gaming: critique, synthesis, and suggestions for the Future. *Annual Review of Psychology*, **28**, 363-392.

西條辰義・新澤秀則・明日香壽川・平石尹彦・戒能一成・鮎川ゆりか・本郷尚 (2009)『地球温暖化の経済学』 大阪大学出版会

佐藤香・戸田正直・山岸俊男 (1985) 社会的ジレンマにおける行動の時系列的分析. 心理学研究, **56**, 277-283.

Shubik, M. (1965) *Game Theory and Related Approaches to Social Behavior*. John Wiley & Sons: New York. （白崎文雄訳 (1968). ゲーム論概説 : 社会行動の研究. 東京 : 東海大学出版会.）

Shubik, M. (1971) The Dollar Auction game: a paradox in noncooperative behavior and escalation. *Journal of Conflict Resolution*, **15**, 109-111.

Terhune, K. W. (1968) Motive, Situation, and interpersonal conflict within prisoners dilemma. *Journal of Personality & Social Psychology*, **3**,1-24.

山岸俊男 (1992) 「マイクロ・マクロ社会心理学の一つの方向」,『実験社会心理学研究』, 32(2), 106-114.

Appendix

ゲームの関数と社会的ジレンマ構造

1 世界全体の最適値

1.1 変数及び関数の定義

m_a, m_b をそれぞれ工場，商社のプレーヤーの数とする

$(m_a \geq 1, m_b \geq 1)$．P_nによってn年目終了時の世界全体の総資産を表すことにしたとき，P_nは各業種の生産規模$a_n(\geq 0)$と$b_n(\geq 0)$，ある工場$i(i=1,2,\ldots,m_a)$の技術開発レベル$t_{i,n}(\geq 0)$，削減量$x_{i,n}(\geq 0)$を変数とする関数である．ただし，P_0，$t_{i,0}$は任意の初期値（定数）とする．そこで，$p_n(a_n,b_n)$を生産規模に対する収入関数，定数$r(0<r<1)$を技術開発による逓減係数，$D(x)$を削減量に対する費用関数として，P_nを以下のように定義する．

$$P_n = P_{n-1} + p_n(a_n,b_n) - \sum_{i=1}^{m_a}\left\{150(t_{i,n}-t_{i,n-1}) + r^{t_{i,n}}D(x_{i,n})\right\} \quad (1.1.1)$$

また，収入関数，費用関数を以下のように定義する．

$$p_n(a_n,b_n) = \alpha_1 a_n + \alpha_2 b_n (\alpha_1 > 0, \alpha_2 > 0) \quad (1.1.2)$$

$$D(x_{i,n}) = \frac{250}{3} + \frac{1}{1500}x_{i,n}^2 \quad (1.1.3)$$

次に，このゲームにおける世界全体の最終資産を定義する．n年で終了するゲームにおいて，n年目終了後に世界全体から徴収される環境修復費用を$C(a_n,b_n,x_n)$とすれば，最終資産πは，

$$\pi = \sum P_n - C(a_n,b_n,x_{i,n}) \quad (1.1.4)$$

として表される．

環境修復費用を，排出枠Rに対する超過の排出量の関数として定義する．

まず各年の生産規模に対する発生量$e_n(a_n,b_n)$を

$$e_n(a_n,b_n) = \beta_1 a_n + \beta_2 b_n (\beta_1 \geq 0, \beta_2 \geq 0) \quad (1.1.5)$$

として表す．

総発生量を$E(a_n,b_n) = \sum e_n(a_n,b_n)$，また$x_{i,n}$に関して総削減量を，$X(x_{i,n}) = \sum\sum_{i}^{m_a} x_{i,n}$とおけば，総排出量は$E(a_n,b_n) - X(x_{i,n})$であり，排出枠に対する超過の排出量$S(a_n,b_n,x_{i,n})$は，

$$S(a_n,b_n,x_{i,n}) = E(a_n,b_n) - X(x_{i,n}) - R \quad (1.1.6)$$

として表される．

環境修復基本費用をC_0（定数）として，環境修復費用$C(a_n,b_n,x_{i,n})$を，

$$C(a_n,b_n,x_{i,n}) = \begin{cases} \frac{1}{500}S^2(a_n,b_n,x_{i,n}) + S(a_n,b_n,x_{i,n}) + C_0 & (S(a_n,b_n,x_{i,n}) > 0) \\ C_0 & (S(a_n,b_n,x_{i,n}) \leq 0) \end{cases} \quad (1.1.7)$$

として定義する．

最後に，各変数・関数が満たすべき条件を定義する．

収入及び排出に関わる係数α,βについて，$\frac{\beta}{\alpha}$を生産に対する排出効率と呼び，工場は商社より生産に対する排出効率が低いものとする．すなわち

$$\frac{\beta_1}{\alpha_1} < \frac{\beta_2}{\alpha_2} \quad (1.1.8)$$

技術開発の初期値はゼロである．

$$t_{i,0} = 0 \quad (1.1.9)$$

また，ある年において技術開発は「行う」「行わない」のいずれかであり，行えば技術開発レベルが１増加し，行わなければレベルは変化しない．

$$t_{i,n} - t_{i,-1} = 0, 1 \quad (1.1.10)$$

以上より，第n年目の技術開発レベルは以下の範囲をとる．

$$0 \leq t_{i,n} \leq n \quad (1.1.11)$$

ゲームの年数は有限とし，技術開発による削減費用の逓減はゼロより十分大きい．

$$0 << r^n < 1 \quad (1.1.12)$$

以上より，関数，変数および条件が定義された．

1.2 単純形における最適値

単年度かつ工場のプレーヤーがひとりであるようなゲームを考える．

このゲームにおける各変数をa,b,t,xとすれば，以下のように表される．

$$\pi(a,b,t,x) = P_0 + p(a,b) - 150t - r^t D(x) - C(a,b,x) \quad (1.2.1)$$

(1.2.1)について，以下の命題が成り立つ．

命題 1.2.2(生産の方法)

生産に関して，排出効率の高い商社が生産し，排出効率の低い工場が何も生産しない場合の方が世界全体の最終資産は大きい．

証明

同じ排出量に対して収益を最大化するような$a(\geq 0), b(\geq 0)$の組を考える．

$e = \beta_1 a + \beta_2 b = k$, $p = \alpha_1 a + \alpha_2 b$　とおけば，

$$b = \frac{k - \beta_1 a}{\beta_2}$$

$$p = \alpha_1 a + \alpha_2 \frac{k - \beta_1 a}{\beta_2} = \frac{\alpha_2}{\beta_2}k - (\alpha_1 - \alpha_2\frac{\beta_1}{\beta_2})a$$

条件(1.1.8)より，pは$a=0$で最大値をとる．

したがって$a=0$のとき同一の排出量に対して最大の収入を得る．(QED)

命題 1.2.3（技術開発の効果）

十分な量の削減を行うのであれば，技術開発によって世界全体の最終資産は増加する．

証明

πをtの関数と見てtについて微分すると，

$$\frac{d}{dt}\pi = -(\log r)r^t D(x) - 150$$

ここで，$0<r<1$であるから，

$$-(\log r)r^t D(x) > 0$$

したがって，条件(1.1.10)より，xが十分に大きければ

$$-(\log r)r^t D(x) > 150$$

が常に成り立つ．

よって，技術開発による利益はコストを上回り，技術開発によって世界全体の最終資産は増加するといえる．(QED)

命題 1.2.4（削減の効果）

I　発生量が排出枠を上回っているとき，削減を行ったほうが削減しないよりも世界全体の最終資産は多い.

II　発生量が排出枠を下回っているとき，削減を行わないほうが削減した場合よりも世界全体の最終資産は多い.

証明

i $S(a,b,x)>0, S(a,b,x)\le 0$ の各場合について考える.

$S(a,b,x)\le 0$, すなわち $x\ge e-R$ のとき

$\pi = P_0 + p(a,b) - 150t - r^t D(x) - C_0$

これを x に関して微分すれば,

$\frac{d}{dx}\pi = -\frac{1}{750} r^t x$

この関数は x=0 で極値（最大値）をとる.

$x\ge 0$, $x\ge e-R$ の制約から,

$e-R\le 0$ ならば $x=0$, $e-R>0$ ならば $x=e-R$

で π は最大値をとる.

したがって,次のように換言できる.発生量が所与であり，排出量が排出枠を超過すること許さないような削減の方法を考えるとき，発生量が排出枠を下回っている場合には削減せず（①），発生量が排出枠を上回っているような場合には，超過がゼロになるように削減する（②）という方法を取れば世界全体の最終資産は最大化する.

ii $S(a,b,x)>0$ のとき，すなわち $x<e-R$ のとき

$\pi(a,b,t,x) = P_0 + p(a,b) - 150t - r^t D(x)$

$-\frac{1}{500}(e-x-R)^2 - (e-x-R) - C_0$

$\pi(a,b,t,x)$ を x について微分すれば,

$\frac{d}{dx}\pi = -\frac{3+r^t}{750}x + \frac{e-R}{250} + 1$

よって，π を x の関数としてみた場合 π は $x=\frac{3}{3+r^t}(e-R+250)$ で極値(最大値)をとる.

$e-R\le 250$ の場合，前提 $0<x<e-R$ を満たさない.

$e-R>0$ のとき，π を最大化する $0<x<e-R$ なる x が存在する.

したがって，排出量に対して排出枠の超過を許すような削減の方法を考えるとき,

最終資産を最大化するような削減量が存在する（③）.

以上，i,ii より，発生量が排出枠を超過している場合，削減を行ったほうが最終資産が大きく，また発生量が排出枠を超過していない場合には削減しない場合の方が最終資産が大きいことが示された.

命題 1.2.5（単純形の最適値）

証明

命題 1.2.2 より $a=0$ の場合について考えればよい.

$\beta_2 b - x - R = 0$ のとき,

$\pi = P_0 + \frac{x+R}{\beta_2} - 150t - r^t D(x) - C$

$\frac{\partial}{\partial x}\pi = -\frac{1}{750} r^t x$

π を b, x で偏微分すると,

$\frac{\partial}{\partial b}\pi = \alpha_2 - \beta_2 - \frac{1}{250}(\beta_2 b - x - R)$

$\frac{\partial}{\partial x}\pi = -\frac{3+r^t}{750}x + \frac{\beta_2 b - R}{250} + 1$

$$\begin{cases} \beta_2 b = 250(\alpha_2 - \beta_2) + x + R \\ x = \frac{3(\beta_2 b - R) + 750}{3 + r^t} \end{cases}$$

1.3 一般のゲーム

一般のゲームすなわち $n\ge 2$ かつ $m_a(\ge 2)$ のゲーム（(1.1.1)の形）について考える.

まず，命題より以下の命題が成り立つ.

命題 1.3.（技術開発）

いずれの工場も削減を行う場合，全ての工場が毎年技術開発した場合のほうが，そうでない場合よりも最終資産が多い.

第 n 年目の技術開発レベルについてすべての工場の値が等しいとき，$t_n = t_{i,n}(i=1,2,...m_a)$ と表すことにすれば,

命題 1.3 および(1.1.9)から

$t_n = n$　(1.3.)

が導かれる.

命題 1.3.1 （削減の分担）

削減する総量が一定の場合，削減を分担したほうが総削減費用は少ない．特に，すべての工場の技術開発レベルが同じであれば，全員が均等に負担した場合にもっとも総削減費用が少ない.

① $m_a = 2$ における，$\sum_i^{m_a} r^t D(x_{i,n})$ の最小値を考える.

n 年目の削減総量を x_n と表すことにすれば,

$\sum_i^2 r^t D(x_{i,n}) = r^t D(x_{1.n}) + r^t D(x_n - x_{1,n})$

$= \left[\frac{1}{1500}\left\{2\left(x_{1,n} - \frac{1}{2}x_n\right)^2 - \frac{1}{2}x_n^2\right\} + \frac{500}{3}\right] r^t$

よって，$x_{1,n} = x_{2,n} = \frac{1}{2}x_n$ で最小値となる.

② $m_a = k(\ge 3)$ のとき,

$\min \sum_i^k r^t D(x_{i,n}) = k r^t D(\frac{x_n}{k})$ が成り立つならば,

$\sum_i^{k+1} r^t D(x_{i,n}) = k r^t D(\frac{x_n - x_{k+1,n}}{k}) + r D(x_{k+1,n})$

$= \left[\frac{1}{1500k}\left\{(k+1)\left(x_{k+1,n} - \frac{1}{k+1}x_n\right)^2 - \frac{1}{k+1}x_n^2\right\} + \frac{250}{3}(k+1)\right] r^t$

よって，$x_{k+1,n} = x_{1,n} = x_{2,n} = ... = x_{k,n} = \frac{1}{k+1}x_n$

で最小値をとる．したがって，$m_a = k+1$ でも成り立つ.

①□②より示された．(QED)

命題 1.3.2 （一般形における最適値）

排出枠の超過を許さない場合，すなわち

$\beta_2 B - X - R = 0$

ここで

$\pi = P_0 + \sum p(a_n, b_n) - 150 m_a n - \sum\sum_i^{m_a} r^t D(x_{i,n}) - C_0$

$B = \sum b_n, x_n = u_n X (0\le u_n \le 1, < u_1 + u_2 + ... + u_n = 1)$ とおけば

$= P_0 + \alpha_2 B - 150 m_a n - m_a \sum r^n D(\frac{u_n X}{m_a}) - C_0$

仮定より

$= P_0 + \frac{X+R}{\beta_2} - 150 m_a n - m_a \sum r^n D(\frac{u_n X}{m_a}) - C_0$

これを X の関数として微分すると,

$\frac{d}{dX}\pi = \frac{1}{\beta_2} - \frac{\sum r^n u_n^2}{750 m_a} X$

$v=\frac{\sum r^n u_n^2}{750m_a}$ とおけば, $\frac{d}{dX}\pi=0$ を満たす, X, B は

$X=\frac{1}{\beta_2 v}$, $\beta_2 B=\frac{1}{\beta_2 v}+R$

排出枠の超過を許す場合

$\pi = P_0+\sum p(a_n,b_n)-150m_a n-$

$\sum\sum_i^{m_a} r^t D(x_{i,n})-C(a_n,b_n,x_{i,n})$

$=P_0+\alpha_2 B-150m_a n-m_a\sum r^n D(\frac{u_n X}{m_a})$

$-\frac{1}{500}(\beta_2 B-X-R)^2-(\beta_2 B-X-R)-C_0$

B, X について偏微分すると,

$\frac{\partial}{\partial B}\pi=\alpha_2-\beta_2-\frac{1}{250}(\beta_2 B-X-R)$

$\frac{\partial}{\partial X}\pi=-vX+\frac{1}{250}(\beta_2 B-X-R)+1=-(\frac{1+250v}{250})X+\frac{\beta_2 B-R}{250}+1$

$\frac{\partial}{\partial X}\pi=0$ かつ $\frac{\partial}{\partial B}\pi=0$ のとき,

$\begin{cases} X=\frac{\beta_2 B-R+250}{1+250v} \\ \beta_2 B=X+250(\alpha_2-\beta_2)+R \end{cases}$

この連立方程式を解くと,

$\beta_2 B=\frac{\beta_2 B-R+250}{1+250v}+250(\alpha_2-\beta_2)+R$

$=\frac{1+250v}{250v}(\alpha_2-\beta_2)+R$

$X=\frac{1}{250v}(\alpha_2-\beta_2)+\frac{250}{1+250v}$

ただし仮定より v は $v>\frac{1}{\alpha_2-\beta_2}-\frac{1}{250}$ を満たす.

いずれの場合も, 最適解を満たす X , B は v の値に依存する. よって, v を最小化するような u_n を求めればよい.

ゲームの出典

仮想世界ゲーム. 広瀬幸雄(1997)「仮想世界ゲームとは何か」, 広瀬幸雄編著『シミュレーション世界の社会心理学ーゲームで解く葛藤と共存ー』,ナカニシヤ出版, 11-23.

産業廃棄物不法投棄ゲーム. 大沼進・北梶陽子 (2007), 「産業廃棄物不法投棄ゲームの開発と社会的ジレンマアプローチ：利得構造と情報の非対称性という構造的与件がもたらす効果の検討」, 『シミュレーション＆ゲーミング』, 17(1), 5-16.

排出取引ゲーム. 新規開発

Development of "*Emission Trading Game*": A tool for observing the process of shared social reality in a social dilemma situation

Kunihito NAGASAKA*, Kosuke SATO*, Susumu OHNUMA*

**Hokkaido University*

In a social dilemma situation, a social reality shared by players leads to cooperation / non-cooperation, eventually it leads to prosperity or destruction of the entire society. Emission Trading Game is developed to observe these processes. There are two types of players with different gain structures in this game and they must maximize self-interest by scale expansion, emission trading and so on. Players have to effectively reduce CO_2, otherwise they must pay for a large environmental restoration at the end of game. If they can't pay, the game ends in destruction. The eight games have been divided into destroyed and non destroyed. Compared to the non destroyed game, the amount of scale expansion and reduction was higher in the destroyed game. Furthermore, in destroyed game, players felt that to disclose their own information would create a disadvantage. Also, they could not make an effective use of Emission Trading. On the whole, in destroyed game, the players did not feel the need for information sharing, mutual cooperation and coordination with each other. This suggests the possibility that the situation was regarded as a pursuit of self-interest.

Keywords: Social Dilemma, Emission trading, social reality, consensus building process