

豊島産業廃棄物不法投棄問題に ついてのコンフリクト解析⁽¹⁾

曾 道 智
宍 戸 栄 徳⁽²⁾
山 崎 章 子

1 はじめに

香川県の離島である豊島に1978年から約10年間にわたり、業者によって産業廃棄物が不法に投棄された。その結果、現在豊島には約55万tもの産業廃棄物が残され放置されている。これらの廃棄物には多くの有害物質が含まれており、早急に処理することが必要とされている。今日、この問題は社会的にも大きな問題としてしばしばマスコミ等でも取りあげられている。そして昨年(1999年)、香川県は豊島の産業廃棄物を直島で中間処理を行うという提案を出した。これは、豊島に残された廃棄物を海上輸送で直島へ運び、三菱マテリアル直島精錬所内に中間処理施設を設け、そこで処理しようというものである。この提案により、豊島に不法投棄された産業廃棄物を撤去するには、香川県と豊島、そして直島が深く関わることになる。

何らかの点で違いのある人や組織などが接触するときには、ものの考え方、価値観や利害の上で衝突が生じる。衝突が生じている状態をコンフリクトと呼ぶ。ここでは、この豊島の産業廃棄物不法投棄問題を、香川県と豊島、そして

(1) 本論文は、山崎章子による同名の平成11年度香川大学経済学部卒業論文を指導教官であった曾道智、宍戸栄徳が加筆修正したものである。

(2) システムプラザ株式会社勤務。平成11年度香川大学経済学部情報管理学科卒業。

直島の間で生じる「コンフリクト」と見て、ゲーム理論の立場からこの問題を、「ゲーム」と考え、岡田憲夫、キース・W・ハイブル、ニル・M・フレイザー、福島雅夫著『コンフリクトの数理』（1995年、現代数学社）で紹介されているコンフリクト解析の方法で分析を行う。

まず、第2章では豊島の産業廃棄物不法投棄問題の経緯等をまとめる。2-1では産業廃棄物とは何かということを検証し、2-2で豊島に産業廃棄物が不法投棄されるようになった背景を説明する。2-3では不法投棄された産業廃棄物の有害性を取りあげる。2-4では1997年に成立した中間合意の内容を紹介し、2-5では中間処理施設を建設するにあたっての問題点を述べる。

次に、第3章では香川県から提案された直島処理案を整理する。3-1では香川県が直島処理案を提案した理由を述べ、3-2では直島処理を行う場合の概要、3-3では直島処理案の費用、3-4ではこの直島処理案に対する直島住民の反応をそれぞれ解説する。

そして第4章でコンフリクト解析の考え方を紹介する。4-1でメタゲーム理論の数学的記述、4-2ではメタ合理的発生事象の定式化、4-3ではメタゲームとハイパーゲームについて紹介する。

最後に、第5章では豊島の産業廃棄物不法投棄問題をモデル化し、コンフリクト解析の手法を用い、この問題に関わる当事者（香川県・豊島・直島）がそれぞれ合理的であると思える状態（均衡解）を導く。まず5-1でそれぞれのプレイヤーが取り得る戦略を取りあげ、5-2ではそれぞれのプレイヤーにとって好ましいと思われる順に選好ベクトルを定める。そこで選好ベクトルを定める理由等を吟味する。次に定めた選好ベクトルにもとづいて、5-3ではメタゲームを用い、5-4ではハイパーゲームで分析する。最後に、5-5でそれぞれのプレイヤーにとって合理的と思われる均衡解を求め、それにもとづく解決策を提案する。

2 豊島の産業廃棄物問題について

2-1 産業廃棄物の概念

産業廃棄物とは「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」（以下「廃棄物処理法」とよぶ）によって分類、規定された廃棄物である。「廃棄物処理法」によれば、廃棄物は「一般廃棄物（一廃）」と「産業廃棄物（産廃）」に大別され、産業廃棄物は、企業等の事業活動で生じた廃棄物で、法律で定める産業廃棄物6と政令で定める産業廃棄物13の合計19種類に分類される。

法律で定める産業廃棄物(6種類)

燃えがら、汚泥、廃油、廃酸、廃アルカリ、廃プラスチック類

政令で定める産業廃棄物(13種類)

紙くず、木くず、繊維くず、動植物性残渣、ゴムくず、金属くず、鋳さい、ガラス・陶磁器くず、建設廃材、動物のふん尿、動物の死体、ばいじん、その他

2-2 豊島産業廃棄物不法投棄の経緯

豊島の産業廃棄物不法投棄問題は1975年に豊島総合観光開発(以下「事業者」と記す。)が有害廃棄物処理場を建設しようと香川県に認可を求めたことから始まる。この申請に対して豊島住民は「島の環境を悪化させ、住民の健康を損なうことになる。」と反対運動を起こした。香川県はこの反対運動に対して「絶対多数の反対があっても個人が廃棄物処理業を営み生活する権利は認めるべきだ。」という考えのもと、許可する方針を貫いた。

香川県は豊島住民に事業への同意を要求し、香川県がきちんと指導監督するという約束のもとに、1978年ミズ養殖による限定無害産業廃棄物中間処理を認可した。これはミズに無害な製紙汚泥、食品汚泥、木くず、家畜ふんを食べさせて産業廃棄物を中間処理し、土壌改良材として出荷する事業であった。しかし、操業と同時に事業者は許可外の廃棄物を持ち込み、野焼きにしたり、埋め立てたりするようになった。このような悪質な行為に対し、住民は1984年

公開質問状を香川県に提出し訴えた。しかし香川県は事業者が行っているのは合法であるという回答をするだけであった。

その後1988年、海上保安庁姫路海上保安署が廃棄物処理法違反の容疑で事業者を検挙した。そして1990年、兵庫県警によって事業者が摘発された。この摘発によって豊島事件が世間に知られるようになり、香川県が事業者の違法行為を黙認していたことが明らかになった。

事業者の産業廃棄物不法投棄が明らかになったことにより、香川県は事業者に対して廃棄物の撤去命令を出した。しかし、事業者にはその意志・能力もなく、現実的処理は全く進まず、産業廃棄物が残った。

豊島住民は公害紛争処理法に基づく調停を申請し、1994年から公害調停が始まった。現在豊島には東西約400m、南北200mの範囲にわたり、約55万tに及ぶ廃棄物が残っており、公害等調整委員会調停委員会（以下、「公調委」と記す。）が調査し、「生活環境保全上の支障を生ずるおそれがあり早急な対策が必要である。」と報告した。

2-3 豊島に持ち込まれた廃棄物の有害性

豊島に残された産業廃棄物は主としてシュレッダーダストと呼ばれる廃車・家電製品の粉碎くず、廃液、廃油、製紙汚泥、スラグ、工場排水・排煙から集められた有害物質などである。これらの廃棄物を野焼きにし、そのままの状態に放置したことによって廃棄物中からはもとより、投棄現場となっている土壌や侵出水・地下水からも国の基準値を大幅に超える有害物質（鉛・PCB・水銀・トリクロロエチレンなど）が検出された。このことは公調委の実態調査によって報告されている。高濃度ダイオキシンも検出されており、ダイオキシンなどを含むこれらの有害物質はプールのようなコンクリート構造物に屋根をつけ、完全に封じ込めなければならないとされている。また、ダイオキシンなどを含むこれらの有害物質は1日あたり約120tが海へ流れ出していると言われている。

有害物質の及ぼす害は次のようなものである。

1. ダイオキシン：超微量でも高い急性毒性・強烈な慢性毒性があり，体内では脂肪に蓄積され，ガンや奇形の原因となる。
2. PCB：吐き気，無気力，皮膚障害，肝臓障害，胎児への障害や死をもたらす。
3. 鉛：蓄積性を持ち，成長障害など人体への毒性も強い。バッテリー，ハンダなどに含まれている。
4. カドミウム：イタイイタイ病の原因物質。体内に摂取され続けると骨軟化症になり体内の骨が折れる。バッテリー，プラスチック安定剤，メッキなどに含まれている。
5. 砒素：きわめて毒性の強い重金属。農薬や化学工業製品などに含まれている。
6. 水銀：水俣病の原因物質。強い神経毒性を持ち，中枢神経障害などを引き起こす。乾電池，蛍光灯などに含まれている。

これらの有害物質は今もなお放置されたままの状態である。このままでは瀬戸内海の水質汚染が進み，環境に大きな影響を与えることになることは明らかであり，不法投棄された廃棄物の早期処理が必要とされている。

2-4 中間合意の成立

豊島住民と香川県との間に1997年中間合意が成立した。その内容は公害等調整委員会調停委員会の中間合意文に次のように記されている。

1. 被申請人香川県は，廃棄物の認定を誤り，廃棄物処理事業者に対する適切な指導監督を怠った結果，本件処分地について深刻な事態を招来したことを認め，遺憾の意を表す。
2. (1) 被申請人香川県は，本件処分地に存する廃棄物及び汚染土壌について，溶融等による中間処理を施すことによって，できる限り再生利用を図り，廃棄物処理事業者により廃棄物が搬入される前の状態に戻すことを目指すものとする。
(2) 中間処理施設は，本件処分地に存する廃棄物及び汚染土壌の処理を目

的とし、これ以外の廃棄物等の処理はしない。

3. (1) 被申請人香川県は、前項の中間処理施設の整備及び対策実施期間中の環境保全対策等のために必要な調査を平成9年度に行う。
- (2) 被申請人香川県は、調査に当たっては、学識経験者からなる技術検討委員会を設置し、これに調査内容及び調査方法等の決定ならびに調査結果の評価等を委嘱する。
- (3) 技術検討委員会は、専門的な立場から公平中立に調査等を行うこととする。
- (4) 申請人の代表者は、技術検討委員会に対し、その議事の傍聴を求めることができる。この場合において、技術検討委員会は正当な理由がなければ、傍聴を拒むことができない。
4. (1) 被申請人香川県は、3項の調査の実施に際しては、申請人の理解と協力のもとに行うことが必要であることを確認する。
- (2) 申請人、被申請人香川県及び公害等調整委員会は、調査の期間中、調査の実施状況及び検討状況等について申請人に説明し意見を聞くために、三者からなる協議機関を設置する。
- (3) 前号の協議機関の開催及び議事進行等に関わる問題は、公害等調整委員会が申請人及び被申請人香川県の意見を聞いて判断する。
5. 再生利用困難な飛灰及び残さい等の処分方法については、2項の趣旨を基本として、被申請人香川県の実施する調査の終了後、その結果を踏まえて、申請人及び被申請人香川県において、取り扱いを協議する。
6. 申請人は、被申請人香川県に対し、損害賠償を請求しない。
7. 申請人及び被申請人香川県は、本中間合意に定められた事項を誠実に履行することを確約し、これを通じて相互の信頼関係を回復させることとする。
この中間合意によって、
香川県側は
1. 廃棄物の認定を誤り、豊島総合環境開発株式会社に対する適切な指導監督を怠った。

2. 廃棄物及び汚染土壌について、融解等による中間処理を施すことによってできる限り再生利用を図り、豊島総合環境開発株式会社により廃棄物が搬入される前の状態に戻すことを目指す。
3. 中間処理施設では豊島に不法投棄された廃棄物及び汚染土壌の処理を目的とし、これ以外の廃棄物等の処理はしない。

豊島側は

1. 香川県に対して損害賠償を請求しない。
ということなどをそれぞれ認め合意したことになる。

2-5 処理施設建設に関する問題

香川県は、豊島で処理をする場合、総事業費として220～260億円との見込みを示している。中間合意で「豊島に不法投棄された廃棄物以外は処理しない」としていたが、約10年間で焼却・溶解等の中間処理を行うことを考えたとき、香川県からは耐用年数が残っているにもかかわらず、約10年で撤去するのには問題があるとして、施設を有効に利用したいという考えがあった。

3 直島処理案

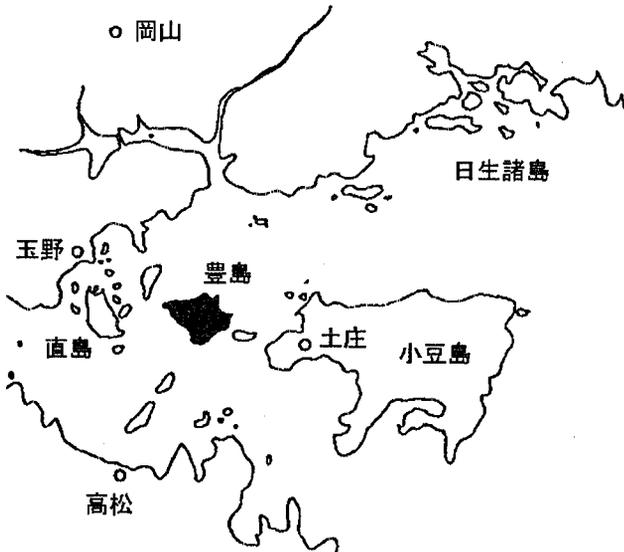
3-1 直島処理案の提案理由

「プラント有効利用」の問題があった中、香川県は豊島の廃棄物を海上輸送で約5km西に離れた隣の直島へ運び、直島にある三菱マテリアル直島精錬所内にプラントを設け、そこで中間処理を行うという案を1999年9月に提案した。

直島で産業廃棄物を中間処理することに関して香川県が直島町民へ配布したパンフレットには次の様に記されている。

1. 豊島の産業廃棄物を約10年かけて処理したあとも、施設を有効に利用することができる。
2. 三菱マテリアルの直島精錬所の敷地内に、中間処理施設を整備することにより、施設の有効利用が図られるとともに、その技術力の活用や一部の施設の利用が可能となり、電気、水等の確保も比較的容易となる。

図一 豊島と直島の位置関係



「豊島活性化のビジョン」より

3. 施設整備を契機として、新しく総合的な資源化・リサイクルについての環境産業の展開が期待され、直島町の活性化が図られる。

という理由より、直島処理案が香川県から提案された。

直島で処理を行う場合、周辺環境への影響の対応として

1. 施設の運転・管理に当たっては、大気汚染、水質汚濁、騒音、振動、悪臭等について、厳しい基準を遵守し、周辺環境に影響を及ぼさないよう万全の措置をとり、定期的に環境モニタリングを実施する。
2. 施設からの排水については、冷却水等に再利用するクローズドシステムを採用し、場外には排出しないことに加えて、処理によって生じる副成物（飛灰、スラグ）は、再利用する。
3. 廃棄物の搬入方法や管理等については、専門家で構成する組織（技術検討委員会）において、具体的かつ詳細な調査検討を行う。

などの方針を香川県は示している。

また、香川県は、「循環型社会づくりに向けて、このような先進的かつ高度な技術を有するモデル施設を直島町に立地することや、将来、新たな資源化・リサイクルについての環境産業が展開されることにより、直島町のイメージアップが図られるものと考えている。」としている。

3-2 処理施設の概要

香川県は、直島に建設すると考えている処理施設については、建設期間約30ヶ月、豊島廃棄物等を約10年間で処理し、その後は他の廃棄物の資源化・リサイクルに利用するとしている。

そして、廃棄物等は高温（約1,200度以上）で焼却溶融することにより、ダイオキシン類、重金属等を無害化する予定であり、1日約200tが処理できるとしている。

また、焼却・溶融処理施設以外に、豊島産業廃棄物等の受け入れ、副成物の貯蓄・排出、排ガス処理、廃水処理等を行うために必要な施設を整備し、副成物として飛灰とスラグが生じてくるが、飛灰については、これに含まれる銅等の金属を回収・再資源化、スラグについては、県の公共事業に使用するコンクリート骨材として再利用するとしている。

3-3 直島処理案の費用

直島で中間処理を行う場合、1日約300t、10年で約65万tの廃棄物・汚染土壌を豊島から直島へ運ぶ必要がある。また、水処理施設を持つ処理プラントは直島に作るため、豊島の投棄現場の汚染地下水などの処理設備を投棄現場である豊島に新たに造らなければならない。廃棄物の運搬船のリース料など、運搬費用を月3,850万円と試算している。また、豊島に造る汚染地下水などの処理設備は概算で、建設に20～30億円、運転に年間約8,000万円かかるとしている。処理期間を約10年間と単純計算すると、74～80億円となる。総事業費として考えると、豊島で処理をする場合（220～260億円）よりも増えそうである。しかし、直島案の場合、処理で出る有害な飛灰数万tを直島製錬所で処理する

ため、飛灰運搬費がかからないなどのコスト縮減要因もある。

プラントについては、県は約10年かけて豊島の廃棄物を処理した後も、約20年の耐用年数が終わるまで廃棄物処理施設として活用する事が出来ると考えている。豊島で処理をした場合は、廃棄物を処理した後はプラントを撤去する事になっているため、香川県としては「解体撤去せずに、プラントを活用できるメリットなどを考えれば、一概にコスト高とは言えない。」という見解を示している。

3-4 直島処理案に対する町民の反応

この直島処理案に関して、直島町の浜田孝夫町長は次の4つの条件をクリアすれば受け入れるという積極的な姿勢を示している。

- ① 二次公害がない。
- ② 町の活性化となる。
- ③ デメリット（風評被害など）について県が対処する。
- ④ 町民の賛同。

1999年12月定例町議会（12月9日）の時点で、直島町長は公害防止については「技術面、環境・安全面での問題はない。」との認識を示し、町の活性化についても「三菱マテリアルには優れた熔融技術があり、施設整備を契機に新たな環境産業の展開が期待され、町の活性化につながる。」との考えを表明した。

「①二次公害がない」、「②町の活性化となる」という2つの条件はクリアした。

しかし、風評被害などのデメリットに対する県の「適切な対応」が具体的ではないとして、直島処理案の受け入れの可否は当面先送りされている。「③デメリットについて県が対処する」及び「④町民の賛同」の残りの2条件をクリアすれば直島処理案は受け入れられると考えられる。

直島町長がこのように直島処理案に関して積極的な姿勢を示しているのに対して、住民の中にはこれに反対しているものもいる。もし直島で処理を行うことになれば、豊島にある産業廃棄物は海上輸送によって直島にある三菱マテリアル直島精錬所へと運ばれることになる。このことから、直島漁協は「プラント

が操業されると、直島のイメージが低下。ノリやハマチなどに風評被害が起こるおそれがある。」という考えから、直島処理案に反対する立場をとっている。

また、住民からは

「もとをただせば豊島の問題。廃棄物を負った豊島の苦しみを直島が救う観点なら賛成。ただ、公害調停で豊島がイエスと言わねば実現せず、調停での県の責任は重い。知事は当然謝罪し、本当の意味でのこの問題の解決をするべきだ。」

「直島処理案自体には反対ではない。ただ、今の県は信用できない。県は長年、何十万 t もの不法投棄を見て見ぬふりをした。県はミスを犯し、私たちの税金を使うのに、なぜ知事は豊島の住民と県民に謝罪しないのか。謝罪もせずに直島の話を進めるのは順序が違う。」

(毎日新聞：1999年11月22日より)

という産業廃棄物の不法投棄を許した県への批判の声もある。直島住民のなかには、直島処理案自体には賛成でも、それは知事が豊島住民に、謝罪をするのが前提だという考えを持っている人が多くいる。

しかし、直島住民の約半数が三菱マテリアル直島精錬所・関連企業の従業員とその家族ということもあり、この直島処理案の受け入れに関しては積極的姿勢を示す住民が多い。直島処理案を受け入れることによって雇用を促進し、それとともに「環境リサイクルの島」として直島を活性化していきたいという考えがあるからである。

これらのことをふまえて、豊島の産業廃棄物不法投棄問題を香川県・豊島・直島との間で生じるコンフリクトと考え、このコンフリクトの状況を「ゲーム」と見て、ゲーム理論におけるコンフリクト解析の手法を用いて落ち着かざるを得ない最終的な結果を示す。

4 コンフリクト解析

コンフリクトとは何らかの点で違いがある人や組織や社会が接触するとき、そこでものの考え方や価値観、利害に違いが生じる状態のことをいう。コンフ

リクトを数理的に分析し、その落ち着く先を計算し予測するための有効的な理論の1つとしてゲーム理論がある。

ゲーム理論とは、複数の主体の意思決定に関する理論である。それぞれの主体が合理的と考える基準に従って行動したとき、どのような結果が導かれるかを論理的に明らかにすることを目的としている。

コンフリクトには利害の対立する当事者がいる。これをゲーム理論では「プレイヤー」と呼ぶ。そのプレイヤーが取り得る行動を「オプション」、生じうるすべての事態のそれぞれに対してどのオプションを選択するかをあらかじめ決めておく計画を「戦略」という。そしてプレイヤーがそれぞれある戦略をとることによって生じる結果を「発生事象」という。

4-1 メタゲーム理論の数学的記述

プレイヤー i の戦略とその集合をそれぞれ s_i および S_i とする ($s_i \in S_i$)。 n 人のプレイヤーの集合を $N = \{1, 2, \dots, n\}$ で表す。

K を N の部分集合としたとき、集合 K に属するプレイヤーが選択する共同戦略を s_K で表し、そのような共同戦略の集合を S_K と書くことにする。同様に、 K に含まれないプレイヤー全体の共同戦略およびその集合をそれぞれ s_{N-K} と S_{N-K} で表す。

そのとき n 人ゲームにおけるすべての発生事象の集合 Q は、次のように表される。

$$Q = S_1 \times S_2 \times \dots \times S_n = \{q = (s_1, s_2, \dots, s_n) \mid s_i \in S_i, i = 1, 2, \dots, n\}$$

集合 Q のべき集合、すなわち Q のすべての部分集合からなる集合を $B(Q)$ で表し、各プレイヤー i に対する選好関数 M_i を Q から $B(Q)$ への写像として定義する。コンフリクト解析では序数型の効用関数のみを考えるので、集合 $M_i^+(q)$ および $M_i^-(q)$ を次のように定義する。

$M_i^+(q) = \{p \mid p \succ q\}$: プレイヤー i にとって q より好ましい発生事象の集合。

$M_i^-(q) = \{p \mid p \succcurlyeq q\}$: プレイヤー i にとって q より好ましくない発生事象

の集合 (q を含む)。

さらに、 $M_i(q) = \{M_i^+(q), M_i^-(q)\}$ とする。次に、発生事象 $\bar{q} = (\bar{s}_i, \bar{s}_{N-i})$ に対してプレイヤー i が \bar{q} から一方的に到達可能な発生事象の集合 (\bar{q} 自身を含む) を

$$m_i(\bar{q}) = \{(s_i, \bar{s}_{N-i}) \mid s_i \in S_i\}$$

とする。さらに、この $m_i(\bar{q})$ を用いて、集合

$$m_i^+(\bar{q}) = m_i(\bar{q}) \cap M_i^+(\bar{q})$$

$$m_i^-(\bar{q}) = m_i(\bar{q}) \cap M_i^-(\bar{q})$$

を定義する。ここで、 $m_i^+(\bar{q})$ に属する発生事象はプレイヤー i の発生事象 \bar{q} からの一方的改善と呼ばれる。また、集合 $m_i^-(\bar{q})$ は \bar{q} を含んでおり、 $m_i(\bar{q}) = m_i^+(\bar{q}) \cup m_i^-(\bar{q})$ の関係が常に成立する。

以上の定義より、発生事象 \bar{q} がプレイヤー i にとって発生事象 p よりも好ましくないための必要十分条件は

$$M_i^-(\bar{q}) \subseteq M_i^-(p)$$

が成立することである。この条件が成立すれば、

$$\bar{q} \in M_i^-(p)$$

である。

メタゲーム kG

プレイヤー k 以外のすべてのプレイヤーの共同戦略の集合 S_{N-k} からプレイヤー k の戦略集合 S_k への関数 f_k 全体の集合を F_k で表す。メタゲーム kG は戦略集合 S_k を集合 F_k で置き換えたゲームと考えられる。

$$kG = (S_1, S_2, \dots, S_{k-1}, F_k, S_{k+1}, \dots, S_n; M_1', M_2', \dots, M_n')$$

ここで、 M_i' はゲーム kG におけるプレイヤー i の選好関数である。上に定義した F_k は、ゲーム kG におけるプレイヤー k の第 1 段階の政策の集合と呼ばれる。また、メタゲーム kG におけるある特定の発生事象は、 $f_k \in F_k$ を用いて、 (f_k, s_{N-k}) と表される。したがって、 kG の発生事象の集合は F_k と S_{N-k} の直積であり、

$$(f_k, s_{N-k}) \in F_k \times S_{N-k}$$

となる。

4-2 メタ合理的発生事象の定式化

発生事象 $\bar{q} = (\bar{s}_i, \bar{s}_{N-i})$ がプレイヤーに対して合理的、すなわち $\bar{q} \in R_i$ であるための条件は、他のプレイヤーの戦略 \bar{s}_{N-i} を固定したときプレイヤー i が戦略 s_i をどのように選んでも \bar{q} より好ましい発生事象を見つけることができないというものである。したがって R_i は次のように表現できる。

$$R_i = \{q = (s_i, \bar{s}_{N-i}) \mid (s_i, \bar{s}_{N-i}) \in M_i^-(\bar{q}), \forall s_i\}$$

プレイヤー i に対して、すべてのメタゲームから得られるメタ合理的発生事象の集合と基本ゲームにおける合理的発生事象の集合の和を R_i^* で表すことにする。

$$R_i^* = \cup_j \hat{R}_i(L_j) \cup R_i(G)$$

ただし、 L_j は考え得るすべてのメタゲームを表している。

メタ合理性の定義によれば、すべてのプレイヤーに対して決定をしようとするれば、メタ合理的発生事象をすべて求めるために無限のメタゲームの木をしらみつぶしに調べなければならないように見える。しかし、特性化定理 (Howard, 1971) により、実際には基本ゲーム G のみを用いて任意のプレイヤーに対する R_i^* を識別できる。

特性化定理では、以下の3つの型の合理的発生事象を区別してコンフリクトを分析している。

1. 合理的発生事象：どのメタゲームからもメタ合理的であることが導かれるようなものである。ゲーム G において発生事象 \bar{q} がプレイヤー i に対して合理的であるかどうかを調べるには、次のような一方的改善とよばれる戦略が存在しないかどうかを見ればよい。

$$\exists s_i : (s_i, \bar{s}_{N-i}) \in M_i^+(\bar{q})$$

以下では、一方的改善によって得られる発生事象もやはり一方的改善とよび、UI (unilateral improvement) と略することにする。発生事象 $\bar{q} = (\bar{s}_i, \bar{s}_{N-i})$ が与えられたとき、 \bar{q} からの一方的改善 p は

$$p \in \{(s_i, \bar{s}_{N-i}) \mid (s_i, \bar{s}_{N-i}) \in M_i^+(\bar{q})\}$$

によって得られる。

発生事象 \bar{q} が一方的改善をもたないとき、合理的 (rational) であるといい、“ r ” と表す。

発生事象 \bar{q} が合理的でなければ、プレイヤー i は戦略を変更することにより \bar{q} よりも好ましい発生事象を見つけることができる。このような場合には次の対称型メタ合理性を判定する。

2. 対称型メタ合理的発生事象：あるプレイヤーがある特定の発生事象 \bar{q} から1つ以上の UI をもっているが、そのプレイヤーの戦略の選択にかかわらず他のプレイヤーたちが共同戦略を用いることにより生じる発生事象が、そのプレイヤーにとって現在の発生事象より好ましいものにはならないことが保証されているとき、対称型メタ合理的発生事象が形成される。

G において発生事象 \bar{q} がプレイヤー i に対して対称型メタ合理的であるかどうかを判定するためには、次が成立するかどうかを調べればよい。

$$\exists s_{N-i} \forall s_i : (s_i, s_{N-i}) \in M_i^-(\bar{q})$$

発生事象 \bar{q} に対して上式が成立するとき、不可避的制裁が存在するという。さらに、制裁を行うプレイヤーによる UI から生成される発生事象も制裁あるいは制裁発生事象とよぶことにする。不可避的制裁が存在すれば、プレイヤー i が発生事象 \bar{q} から別の発生事象に移ることはありえないであろう。このとき発生事象 \bar{q} を連続型安定 (sequentially stable) といい、“ s ” と表す。もしも、不可避的制裁が存在しないならば、次にその発生事象が一般型メタ合理的であるかどうかを調べることになる。

3. 一般型メタ合理的発生事象：ある特定のプレイヤーが UI をもち、それに対して他のプレイヤーがそのプレイヤーを逆により好ましくない発生事象に移行させるような共同戦略を選ぶことができるとき、一般型メタ合理的発生事象が生じる。しかし、この場合、その特定のプレイヤーは自らの状況を改善するために、さらに別の戦略を用いることも考えられ、このようにして互いに戦略の変更を際限なく繰り返すという状況も起こり得る。したがって、

そのプレイヤーはもとの発生事象にとどまっておくほうが望ましいことを示唆している。このとき、もとの発生事象は一般型メタ合理的であるといい、判定には次に定義される不可避的改善が存在しないことを確かめればよい。

$$\exists s_i \forall s_{N-i}: (s_i, s_{N-i}) \in M_i^+(\bar{q})$$

発生事象 \bar{q} に不可避的改善が存在しないとき、不安定 (unstable) といい、“ u ”と表す。もしプレイヤーの双方がそのどちらにとっても不安定であるような発生事象からそれぞれの戦略を同時に変えることがあれば、そのうちの少なくとも1人にとっては好ましくない発生事象が生じることがある。そのとき、そのプレイヤーにとってはもとの発生事象は安定となると考えられる。これを同時安定 (simultaneously stable) という。本論分の分析では同時安定は存在しない。

発生事象があるプレイヤーに対して、合理的、対称型メタ合理的、一般型メタ合理的のいずれかであるとき、その発生事象はそのプレイヤーに対して安定であるという。すべてのプレイヤーに対して安定であるような発生事象は、そのコンフリクトが最終的に落ち着き得る解すなわち均衡解である。

4-3 メタゲームとハイパーゲーム

メタゲームとはあるゲームにおいて、他のプレイヤーの戦略が分かるとき、それに対してプレイヤーがどう反応できるのかということまでを考慮に入れたゲームである。

そして、プレイヤーの安定している戦略と戦略の組み合わせを「均衡」といい、均衡に対応する発生事象を「均衡解」という。つまり、すべてのプレイヤーにとって「合理的」であるような発生事象が均衡解となり、コンフリクトの解となる。

それぞれの発生事象において安定性を求めた上で、均衡解を求めていく。すべてのプレイヤーにとって合理的であるような発生事象(合理的安定の場合と、連続型安定の場合)がメタゲームでの均衡解となる。

メタゲームではそれぞれのプレイヤーが他のプレイヤーの戦略、選好順位な

ど、ゲームに参与するプレイヤーのすべてのことを把握しているものと考えて均衡解を求めていく。それに対してハイパーゲームでは、あるプレイヤーが他のプレイヤーに対して誤った認識を持ち、それぞれのプレイヤーがそれぞれの認識のもとで違ったゲームを行うことになる。

ゲームの進め方はメタゲームの場合と同じであるが、ハイパーゲームでの均衡解は、それぞれのゲームで同じ発生事象が安定している時の発生事象がハイパーゲームでの均衡解となる。

5 豊島事件におけるコンフリクト解析

豊島の産業廃棄物を処理するためには、香川県・豊島・直島の3つのプレイヤーが存在する。直島で中間処理を行うことは技術的にも可能である。また直島処理案が出るまでは豊島で処理をすることを考えられていたため、豊島で処理をすることも可能であると考えられる。これらを考慮して各プレイヤーのオプション等を考える。

5-1 各プレイヤーのオプション

香川県のこの問題に対して、取り得るオプションとして

1. 処理施設建設費用や中間処理に伴う費用を負担する
2. 豊島に対して謝罪する

の2つがある。しかし最初の費用負担は「豊島で処理をする場合」、「直島で処理をする場合」、「豊島と直島の両方で処理をする場合」のそれぞれで額が違ってくる。

次に豊島のオプションとしては

1. 豊島で中間処理を行うことに同意する
2. 県が謝罪しないことに対して県を批判する
3. 県が処理をしないことに対して県を批判する

の3つがある。

最後に直島としては

1. 直島で中間処理することに同意する

というオプションがある。

それぞれのオプションを表一1にまとめる。ここではあるプレイヤーがあるオプションを選択した場合は“1”，そのオプションを選択しなかった場合は“0”で表している。プレイヤーのオプションに対する“1”と“0”の任意の組み合わせを戦略という。各プレイヤーがそれぞれの戦略を選択したとき生じる結果が発生事象となる。各オプションはそれを選択する“1”か、選択しない“0”の2つの選択しかないため、全部で6個のオプションがあるコンフリクト解析では64個の発生事象があることになる。しかし、県が「処理に関する費用を負担する」を選択しているにもかかわらず、豊島が「県が処理しないことに対する批判」を選択することは実行不可能であるので、それをモデルから取り除く。このような実行不可能な場合は除き、実行可能な発生事象のみを表記すると10個の発生事象を得ることになる。

表一1の最下段には、各発生事象をまず二進数と見なし、それらの数字の並びを十進数に換算している。表一1で表された発生事象の一番上の数字が最下位の桁に相当すると考える。例えば表一1の一番左の発生事象は二進数で表記すると“100011”となりこれを十進数に換算する。そうすると“100011”は“35”と表すことができる。このように各発生事象を十進数で表現し、簡単に区別できるようにする。

表一1 プレイヤーのオプション表

プレイヤー	オプション	発生事象
県	処理に関する費用を負担する	1 1 1 1 1 1 0 0 0 0
	謝罪する	1 1 1 0 0 0 0 0 0 0
豊島	豊島で中間処理をする	0 1 1 0 1 1 0 1 1 0
	県が謝罪をしないことに対する批判	0 0 0 1 1 1 1 1 1 1
	県が処理をしないことに対する批判	0 0 0 0 0 0 1 1 1 1
直島	直島で中間処理することに同意する	1 1 0 1 1 0 1 1 0 0
十進数表現		35 39 7 41 45 13 56 60 28 24

5-2 選好ベクトル

それぞれのプレイヤーにとって望ましい発生事象の順に選好ベクトルを決める。

香川県としては何もしないで豊島から批判を受けるより、謝罪はしないけれども早期処理が必要とされている産業廃棄物処理の費用を負担することの方が望ましいと考えられる。そしてその処理をする場所については豊島で行うよりも直島の三菱マテリアル内にプラントを設け、そこで処理することを望んでいる。理由としては約10年かけて豊島の産業廃棄物を処理したあとも約20年の耐用年数が終わるまで有効利用できるため。要するに県が最も好ましいと考えているのは直島で処理をすることで、次に豊島で処理することである。そして県が最も好ましくないと考えているのは豊島と直島の両方にプラントを設けて処理することであるとする。以上をまとめて香川県の選好ベクトルを次のようにする。選好ベクトルは望ましい発生事象の順に左から右へ並べる。

県の選好ベクトル…… [41 13 45 56 28 60 24 35 7 39]

豊島としては県の謝罪と処理費用の負担を求めていると考えられる。県の謝罪を求めているが、それが無いのなら現状で批判をするだけより、廃棄物を処理して、ゴミのない島になって欲しいであろう。処理をする場所についてはやはり今まで廃棄物で苦しめられてきた長い歴史があるため、豊島で処理をするより直島での処理の方を望んでいる。それが無理であるなら豊島だけで処理をする、または豊島と直島の両方で処理することを考えざるを得ない。中間処理をするための費用を負担することになったとしても県としてはやはり限界があり、両方の島で処理をするための費用を全額負担することは難しいであろう。そのため、豊島と直島の両方に処理施設を設けて廃棄物の処理を行うことになると、総処理費用が高くなるかもしれないので両島でそれに関わる費用の一部をそれぞれが自己負担をしなければならなくなる可能性がある。それを考慮すると、豊島としては、自己負担をしてまで両方の島で処理するよりは、県に全額を支給してもらい、豊島内で処理をすることの方が好ましくなる。これをまとめて豊島の選好ベクトルを次のようにする。

豊島の選好ベクトル…… [35 7 39 41 13 45 56 60 28 24]

直島は直島処理案を受け入れることで島の活性化がはかれるのではないかという考えがある。また苦しんでいる豊島の人を救うことができるという考えもあるため直島で処理することが最も望ましいことだと考える。(直島は、豊島の産業廃棄物を直島で処理することに積極的姿勢を示しているものと、反対の姿勢を示しているものに分かれるが、住民の約半数が三菱マテリアルの関係者ということもあり、反対の姿勢を示しているものは住民の中では少数派である。よってここでのプレイヤー「直島」は直島処理案に賛成の姿勢を示している、ということにする。)そして県の対応は処理施設に関する費用を負担してくれるのが望ましいと考える。謝罪問題は直島とは直接的な関係が薄いこともあってどうしてもだめな場合は産業廃棄物を早期に処理した方がいいと思うだろう。処理施設を直島に設けても、県が費用の負担をしてくれないのなら受け入れないだろう。このことより、直島の選好ベクトルを以下のようにする。

直島の選好ベクトル…… [35 41 39 45 7 13 28 24 60 56]

5-3 メタゲーム

5-2の分析より各プレイヤーの選好ベクトルが

県	[41 13 45 56 28 60 24 35 7 39]
豊島	[35 7 39 41 13 45 56 60 28 24]
直島	[35 41 39 45 7 13 28 24 60 56]

となることが分かった。

ここではこのメタゲームの安定性分析を行う。その解析を表-2でまとめる。ここで r は合理的安定 (rational), s は連続型安定 (sequentially stable), u は不安定 (unstable) ということを表している。

各プレイヤーにおける安定性をそれぞれの発生事象において調べ、次にすべてのプレイヤーにとって合理的安定の場合か連続型安定であるような発生事象, すなわち均衡解 E (equilibrium) を決定する。これはコンフリクトが最終的に落ち着く解である。

表一 2 豊島産業廃棄物問題の安定性分析表

プレイヤー		E			E			E				
県	安定性	r	r	r	r	r	r	r	r	r		
	選好ベクトル	41	13	45	56	28	60	24	35	7	39	
豊島	安定性	r	r	u	r	r	u	r	s	r	u	
	選好ベクトル	35	7	39	41	13	45	56	60	28	24	
	U I	35			41			56			28	
直島	安定性	r	r	r	r	u	u	r	r	u	u	
	選好ベクトル	35	41	39	45	7	13	28	24	60	56	
	U I	39					45		28			

表一 2 では前述の選考ベクトルのもとのメタゲーム解析を表しており、均衡解は (41, 28, 35) となるのが分かる。3つの均衡解の内容を説明すると次のようになる。

- 41 香川県が処理施設などの費用負担はするが、謝罪はせずそれに対して豊島が香川県の批判をする。そして中間処理は直島だけで行う。
- 28 香川県が何もせず豊島が自力で廃棄物処理を豊島の島内で行う。
- 35 県が謝罪をしたうえで、処理費用の負担をして直島だけで処理をする。

5-4 ハイパーゲーム

ここでもし豊島が、「産業廃棄物を処理するための施設を県が費用負担してくれるのなら、地域活性化につながるので豊島の島内に設けてもいい。」という考えを持った場合、県と直島の選好ベクトルは変わらないが、豊島の選好ベクトルが次のように変わってくる。

豊島の選好ベクトル…… [7 13 35 41 39 45 28 60 56 24]

豊島のこのような考えは県と直島は知らないと考えるなら、県と直島が認知したゲームと、直島が認知したゲームは違ったものとなる。

<県・直島が認知したゲーム>

香川県と直島は、豊島が「産業廃棄物を処理するための施設を県が費用負担してくれるのなら、地域活性化につながり豊島の島内に設けても良い。」という考えを持っていることは知らず、豊島の選好ベクトルはメタゲームの時と同じものであると考えている。このため香川県と直島は次のようなゲームを行うことになる。

選好ベクトル

県 [41 13 45 56 28 60 24 35 7 39]

豊島 [35 7 39 41 13 45 56 60 28 24]

直島 [35 41 39 45 7 13 28 24 60 56]

表一 3 は県・直島が認知したゲームを表したものである。

表一 3 県・直島が認知したゲームの安定性分析表

プレイヤー		E	E	E							
県	安定性	r	r	r	r	r	r	r	r	r	
	選好ベクトル	41	13	45	56	28	60	24	35	7	39
豊島	安定性	r	r	r	r	r	u	r	s	r	u
	選好ベクトル	35	7	39	41	13	45	56	60	28	24
	U I	35		41		56		28			
直島	安定性	r	r	r	r	u	u	r	r	u	u
	選好ベクトル	35	41	39	45	7	13	28	24	60	56
	U I	39				45		28		24	

従って県にとって安定している発生事象は(41, 13, 45, 56, 28, 60, 24, 35, 7, 39)であり、直島にとって安定している発生事象は(35, 41, 39, 45, 28, 24)であることが分かる。

〈豊島が認知したゲーム〉

次に豊島は、県・直島とは別のゲームを行うことになる。

選好ベクトル

県 [41 13 45 56 28 60 24 35 7 39]

豊島 [7 13 35 41 39 45 28 60 56 24]

直島 [35 41 39 45 7 13 28 24 60 56]

この選考ベクトルのもと、豊島が認知したゲームの安定性分析をすると表一4のようになる。

表一4 豊島が認知したゲームの安定性分析表

プレイヤー		E	E	E	E	E	E	E	E	E	
県	安定性	r	r	r	r	r	r	r	r	r	
	選好ベクトル	41	13	45	56	28	60	24	35	7	39
豊島	安定性	r	r	r	r	u	u	r	r	u	u
	選好ベクトル	7	13	35	41	39	45	28	60	56	24
	U I					35	41			60	28
直島	安定性	r	r	r	r	u	u	r	r	u	u
	選好ベクトル	35	41	39	45	7	13	28	24	60	56
	U I					39	45			28	24

従って豊島にとって安定している発生事象は (7, 13, 35, 41, 28, 60) となる事が分かる。

よってハイパーゲームの均衡解は (41, 28, 35) となる。

5-5 均衡解

メタゲーム解析をした場合と、ハイパーゲームでの解析結果は同じものとなった。このことより、たとえ選好ベクトルが変わっても (41, 28, 35) はそれぞれのプレイヤーにとって安定していることが分かる。

この3つの均衡解は、それぞれ香川県の行動によって豊島と直島の行動が決定してくる。よってこれらの中で一番起こり得る可能性の高いものは香川県の選好ベクトルの中で最も好ましいと思われる「発生事象41」の場合であると考えられる。

しかし、「発生事象41」が均衡解であるということは、実際には香川県は費用

負担をするが、謝罪はないという立場を取り、豊島、直島の両住民はそれに対し批判を続けながらも、結局は直島での処理という形で落ち着くと予想される。この結果は住民の100%の満足を得るものではないが、産業廃棄物問題が解決するという成果のために妥協することになることを意味していると解釈できる。

参 考 文 献

- [1] N Howard, *Paradoxes of Rationality*, MIT Press, 1971.
- [2] 久保田宏, 松田智, 『廃棄物工学』培風館 (1995年)
- [3] 岡田憲夫, ケース・W・ハイブル, ニル・M・フレーザー, 福島雅夫, 『コンフリクトの数理』現代数学社 (1998年)
- [4] 佐伯浩二, 『産業廃棄物問題の検証と地域活性化の処方』香川大学大学院経済学研究科修士論文 (1998年)
- [5] 毎日新聞 (1999年11月17日), 20ページ, 22ページ
- [6] 四国新聞 <http://www.shikoku-np.co.jp/topics/sanpai/topics-2.htm>
- [7] 山陽新聞 <http://www1.mesh.ne.jp/sanyo-md/news/localnews.html>
- [8] <http://www.teshima.com>
- [9] <http://www.kouchoi.go.jp/jiken/teshima.html>
- [10] <http://www.pref.kagawa.jp/haitai/pamphlet.html>

追記

豊島の産業廃棄物問題は、2000年5月26日に公害等調整委員会(公調委, 川崎義徳委員長)が香川県と住民側に最終合意案を提示した。案には住民側の求めていた「心から謝罪の意を表する」との文言が盛られたほか、平成28年度末までに産業廃棄物を完全撤去することなどが明記されている。双方とも最終合意案を受け入れることを表明し、6月6日の調停で調印された。

本論文の分析は、「県は謝罪することを望まない」との前提の基に行われた。県が謝罪についての態度を変更したことについては、ある時点で高度に政治的な判断が行われたと考えられる。また最終合意は両当事者間での交渉ではなく調停によってなされた。今後、県の選好ベクトルを変更した場合や調停による仲裁についても、本論文と同様の分析を行いたいと考えている。