

建設残土再利用における企業参入の可能性に関する一考察

名古屋工業大学○秀島栄三

名古屋工業大学 小池則満

名古屋工業大学 山本幸司

By Elzo HIDEISHIMA, Norimitsu KOIKE and Koshi YAMAMOTO

建設残土の不法処分が社会問題化して久しい。残土を適正に処理するには、規制を課すだけでなく技術的条件、経済的条件の整備が重要である。特に複数の地域が共同体制を組んで処理をすれば排出量と受入量のアンバランスが是正されやすくなり、一地域で閉じて行うよりも適正な処理が期待されよう。そこで本研究ではまずゲーム理論にもとづくモデルを定式化し、多地域間で均衡的に成立する共同体制をゲームの「提携」として示す。しかしながらこのような共同体制は、それに参加する各地域の個々の利益に基づいて形成され、より広域的な適切性は追求されない可能性がある。これに対して、民間企業が、均衡結果としての共同体制よりも広い地域にわたって残土処理プロセスの一部を担い、各地域から料金を徴収して採算を得るだけの利益を確保できるならば、ビジネスとして成立するとともに社会的にも望ましい。そこで、このような新規事業を民間企業が行うことの成立の可能性について上述のモデルを用いて検討する。

【キーワード】建設副産物, ゲーム理論, PFI

1. はじめに

いかなる建設現場から残土の発生は避けられない。しかしながら特に都市周辺では残土の処分用地は限られており、また環境悪化の懸念から海浜部の埋立による処分も困難となっている。さらにこれらの理由により処分地は遠隔化し、輸送費の増大、道路周辺での騒音等の公害を招いている。現在、建設残土の処理はひとつの社会問題となっている。

埋土を必要とする建設現場での残土の再利用は一つの有効な解決策である。ただ、再利用しようとするれば、廃棄物処理と切り離して考えることはできない。1990年に「再生資源の利用の促進に関する法律」が施行されるなどして、建設廃材から残土と廃棄物とは分離されなければならなくなった。

現実には不法投棄による処分が後を絶たない。行政的な取り組みとしてマニフェスト制度、建築物解体時の処理計画書の義務づけ、適正処理協力金のデポジット制度等の実施あるいは検討が行われている

が、実効的とはいえない状況にある¹⁾。また廃棄物を再生利用するための様々な技術²⁾が開発されつつある。いずれにせよ残土を適正に処理するにはまず必要に応じて廃棄物分離のための処理費がかかる。また排出地から残土が再利用される現場(受入地)までに輸送コストがかかる。

そして排出量と受入量がうまくバランスすればよいが、往々にして供給過多となって保管費が必要となる。あるいは受入地側で土質条件が満たされず不足となる場合もある。その場合には新しい土をどこから購入しなければならない。

和田らは、このような残土処理にかかる費用の最小化問題を線形計画法により定式化し、建設残土の経済的な(地点間あるいは行政区域間の)配分計画の策定を可能とした³⁾。しかしその計画の枠組みは集権的であり、残土排出者が(集権的な計画者とは異なる)独自の判断で残土を移送する可能性があること、行政区域(自治体)ごとに政策への取り組み等の諸条件が異なる可能性があることは考慮されてい

ない。

そこで本研究では異なる政策を採りうる複数地域間で建設残土がどのように処理・移送されるかを明示するためのモデルを定式化する。

残土は、再生処理や保管のプロセスを経る場合があるものの、基本的に排出者と受入者の間で移送される。排出者と受入者は概ね地域に固着していることから、地域を一つの（意思決定を行う）主体として捉えてよいであろう。

逆に地域を超えて何らかの処理プロセスが果たされる場合、複数の地域で共同的に行われたとみなすことができる。本研究では後述のようにそのような地域間の共同体制を、地域をプレイヤーとするゲームにおける「提携」とみなす。

本モデルを用いることにより、輸送費等の経済条件、地理条件のもとで結果としていかなる地域間の提携が形成されるかを、提携への参加・不参加をプレイヤーの戦略とするゲームの均衡解として明らかにする。

しかしながら、この枠組みに沿えば、共同体制は各地域が個々に地域の利益を最大化することを目的として形成されるものとなる。不法処分がなく適正に残土処理が行われるためにはより広い地域で行うことが望まれる。広域であるほど排出と受入のアンバランスの解消が高まる可能性は高い。

もしも、何らかの主体が、均衡結果としての共同体制よりも広い地域にわたって処理プロセスの一部を担い、各地域から料金を徴収して採算を得るだけの利益を確保できるならば、ビジネスとして成立するとともに社会的にも望ましい。そこでさらに上述のモデルを用いることにより、このような企業による新規事業の可能性について検討する。

近年公共事業への民間企業の参入を誘発するためにPFI(Private Finance Initiative)が提唱されている。残土・廃棄物処理の分野においても民間企業ならではの情報収集力を見込んで社会的に有益な新規事業への取り組みが期待される。

新田らは、新しいリサイクル技術を生み出す上での過失責任を保険に担保することにより、技術推進

を促進させればよいことを主張している⁴⁾。これも建設廃棄物処理における民間企業の参加の可能性を論じたものといえる。

本稿は次のように構成される。2. では、地域間の建設残土処理のプロセスを明確化し、共同体制形成の可能性を分析するためのモデルを定式化する。

3. では、民間主体による残土処理の社会的な効率改善の可能性とその事業の成立可能性について分析する。最後に4. では本論文の結論と今後の課題に言及する。

2. 残土処理に関わる地域間ゲーム

(1) 残土の処理と広域移動のモデル化

残土処理の一般的な流れを和田ら³⁾にもとづいて以下に示す。なお本論文では議論を簡単にするため保管のプロセス、換言すれば多期間にわたる考察を省く。現実には保管用地の確保難も重大な問題となっているが、今後の課題としたい。

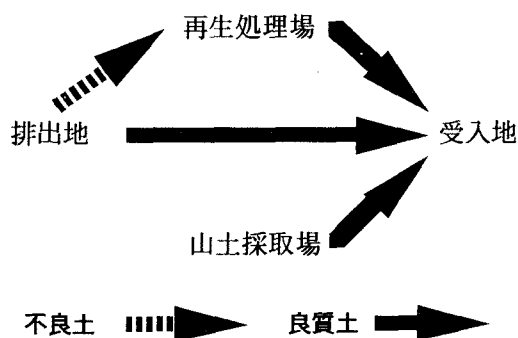


図1 建設残土の流れ
(文献³⁾を参照、一部修正している)

排出者は、コストを最小化するように残土を処理しようとするだろう。このために出来る限り地元で、さもなければ隣接する受入地で購入してもらい、また再生処理コストも少しでもかけないようにする。どこにも引き取り手のない場合、自前で処分するよりほかない。不法処分を選ばない限り、そのコストは相当に高いこととなるだろう。

受入者も出来る限り安く土を入手したい。いま土

の販売価格に輸送費が反映されているとすれば、輸送費は実質的に受入者が負担しているとみなされる。もしも残土の供給が不足している場合には山土を購入しなければならない。

地域政府（自治体）の残土処理に対する政策は、これらの主体の意思決定に影響を与える。

ところで排出者は不法な処分を選択する可能性もある。それを予防するための政策は、一つには強い罰則を伴う規制を課すことであるが、十分に有効とはいえない。なぜならば、規制の強い地域で残土が発生すれば相対的に規制が弱い地域に投棄されるだろう。産業廃棄物全般について厚生省により首都圏の内外における広域移動に関する調査研究がなされている⁵⁾。この調査でも特定の地域に集中して処理されているという結果が明るみになっている。また全ての地域が規制を強化すれば結局は再生処理という方法を選ぶしかなく、その費用をいかに安くして適正に処理するかという問題になる。一つには再生処理のコストダウン、また一つには既述のように排出者と受入者のマッチングをはかることである。

以上の議論をふまえ、複数地域にわたる残土の処理と広域移動について、地域を明示的な主体とした数理モデルを構築する。

地域を一人のプレイヤーとみなす。地域 i ($i=1,2,\dots,n$, n は地域の総数) は地域の社会的厚生を最大化するように政策を選択する。具体的には処理費用の総和を最小化することに相当する。そして地域 i での残土の排出量を S_i (所与)、受入可能量を D_i (所与) とする。

議論を簡単にするため、各地域には排出地が 1 箇所、受入地が 1 箇所ずつ存在しているものとする。あるいは複数の排出地、受入地がそれぞれ地域内では協同的な政策をとっているとみなしてもよい。

排出した土に対して必要がある場合は再生処理が行われる。ここでは当該地域で（負担して）再生処理が行われるものとする。単位量あたりの再生処理費を r_i と表す。また排出量のうち再生処理を要する量の比率をパラメータ e_i ($0 \leq e_i \leq 1$) で表す。

また一般に地域 j から地域 k への受入量を X_{jk}

($j,k=1,2,\dots,n$) と表す。既述のように残土を受け入れる際には受入側が輸送費を負担する。単位量あたりの輸送費を m_{jk} と表す。地域内では輸送費はかからないものとみなす。すなわち $m_{jk}(j=k)=0$ である。

そして $S_i - D_i > 0$ の場合には、他の地域に受入れられず残った分は環境負荷のない状態での処分を必要とするため、廃棄コストがかかるものとする。地域 i における廃棄量を X_{ui} ($=S_i - D_i$)、単位量あたり廃棄費用を u_i と表すこととする。

また $S_i - D_i < 0$ の場合には、地域 i では需要が不足する分だけ山土を購入しなければならない。山土購入量を X_{vi} ($=D_i - S_i$)、単位量あたり購入価格を v_i と表すこととする。

地域 i は以下に示す費用を最小化しようとする。

$$r_i e_i S_i + \sum m_{ji} X_{ji} + u_i X_{ui} \quad \text{to minimize} \quad \text{if } S_i - D_i \geq 0 \quad (1)$$

$$r_i e_i S_i + \sum m_{ji} X_{ji} + v_i X_{vi} \quad \text{to minimize} \quad \text{if } S_i - D_i < 0$$

(1) 式を最小化するためには適切に残土の購入先 j (複数の場合もある) を選び (式中第 2 項)、また可能な限り廃棄量または山土購入量を少なくする必要がある (式中第 3 項)。式中の第 1 項に含まれるパラメータはいずれも地域に固有の値であり、ここでは排出者はこれらの値を操作できない。

次に提携内で共同して処理する場合について定式化する。記号 T は、提携を形成するプレイヤー (地域) の集合を意味する。

$S(T) - D(T) \geq 0$ のとき

$$C(T) = \sum_{j \in T} c_j e_j S_j + \sum_{j,k \in T} m_{jk} X_{jk} + \sum_{j \in T} u_j X_{uj} \quad \text{to minimize} \quad (2)$$

但し $j=k$ のとき $m_{jk}=0$

$$\sum_{k \in T} X_{jk} + X_{uj} = S_j \quad (3)$$

$$\sum_{j \in T} X_{jk} = D_k \quad (4)$$

$$\sum_{j \in T} S_j (=S(T)) = \sum_{k \in T} D_k (=D(T)) + \sum_{j \in T} X_{uj} \quad (5)$$

$$X_{jk}, X_{uj} \geq 0 \quad (j, k=1,2,\dots,n) \quad (6)$$

$S(T)-D(T)<0$ のとき

$$C(T)=\sum_{j \in T} c_j e_j S_j + \sum_{j,k \in T} m_{jk} X_{jk} + \sum_{j \in T} v_k X_{vk} \text{ to minimize} \quad (2')$$

但し $j=k$ のとき $m_{jk}=0$

$$\sum_{k \in T} X_{jk} = S_j \quad (3')$$

$$\sum_{j \in T} X_{jk} + X_{vk} = D_k \quad (4')$$

$$\sum_{j \in T} S_j (=S(T)) + \sum_{k \in T} X_{vk} = \sum_{k \in T} D_k \quad (5')$$

$$X_{jk}, X_{vk} \geq 0 \quad (j, k=1,2,\dots,n) \quad (6')$$

すなわち提携を組んでいる地域は、提携全体で上記の費用最小化問題を解き、諸々の最適な割当量 (X_{jk} , X_{uj} , X_{vk}) を決定する。これは線形計画問題またはその特殊形である輸送計画問題にほかならない¹⁰⁾。

提携に属する地域 i は、提携内での費用配分額 X_{ci} ($C(T)=\sum X_{ci}$) を負担する。

$$X_{ci}=c_i e_i S_i + \sum_{j \in T} m_{ji} X_{ji} + u_i X_{ui} + v_i X_{vi} \quad (7')$$

第1項は、提携の形成によらない所与の値であり、以下の分析では、第1項を除いた部分の費用のみについて議論を行うこととする。(提携を形成しない場合についても同様とする)

$$X_{ci}=\sum_{j \in T} m_{ji} X_{ji} + u_i X_{ui} + v_i X_{vi} \quad (7'')$$

費用配分を伴うゲームでは、費用の分担比率に関して一定のルールを「仁」や「シャプレイ値」といった協力ゲーム理論の解¹⁰⁾に求めることもあるが、本研究では提携全体において(輸送計画問題としての)費用最小化がなされ、各地域間での処理・移動量が決定されるとともに、各地域の負担額は所定の費目(例えば、輸送費は受入者が負担する)の単価と処理量を掛け合わせたものとして決定される。

なお提携全体の最適化問題で縮退(複数解)が生じうるため、その場合は、利益が相反する地域間で費用を均等配分することとする。

(2) 残土処理のための提携の形成に関する分析

地域間でいかなる提携が安定的に形成されるかは興味深い。非協力ゲームのナッシュ均衡は、そのゲームに参加しているプレイヤーが、現状から逸脱しようとする動機をもたない状態を指す。したがってあるゲームはそのような結果に到る可能性が強い。しかしながらこのような状態は複数求められる場合がある。そのときにさらに、それらの均衡解の中で最も安定的な解を決定することがゲーム理論の分野では行われている。一つには強ナッシュ均衡⁶⁾の概念があるが、条件が厳しすぎて解が存在しなくなる場合もある。提携保証 (Coalition-Proof) ナッシュ均衡⁷⁾は最低1つの均衡解に定まる(定義については付録参照)。その均衡解が、全地域の中で何らかの提携を形成している状況(例えば、地域1と地域4は単独、地域2と地域3は提携を形成、というように/以下では「提携構造」と呼ぶ)であるとき、そのような提携は安定的に形成されているといえよう。秀島ら⁸⁾は、閉鎖性水域の環境整備のために地域間提携が形成される一方で、他者による整備を見越して一部の地域が整備費用を負担しないというフリーライダー(ただ乗り)の可能性もあるようなゲーム的狀況について提携保証ナッシュ均衡を用いて提携の安定性を分析している。さらに提携の安定性についてはより緩和された定義もなされている⁹⁾が、逆に条件を満たす解が多数生じやすくなる。

以下にこの提携安定性の分析を行う。自然条件・社会条件等により本問題に直接的に関係する地域が4つに限定される状況を想定する(図2)。また本稿では再生処理費用はどこの地域においても同額であるとする。

分析の都合上、いくつかの仮定をおくこととする。まず先述のように再生処理のコストは提携の形成によらずいずれの地域においても一定額かかるものとし、提携形成の分析においては考慮しない((7')式参照)。また隣接しない地域へは、隣接する地域への2倍の輸送費がかかるものとする。ここでは地域1と地域3、地域2と地域4が隣接しない。廃棄処分、山土購入の単価については、分析を明瞭にするため、

地域によらず一定としてそれぞれ $u_i=u=3,000$ [円/トン]、 $v_i=v=1,500$ [円/トン]とする。

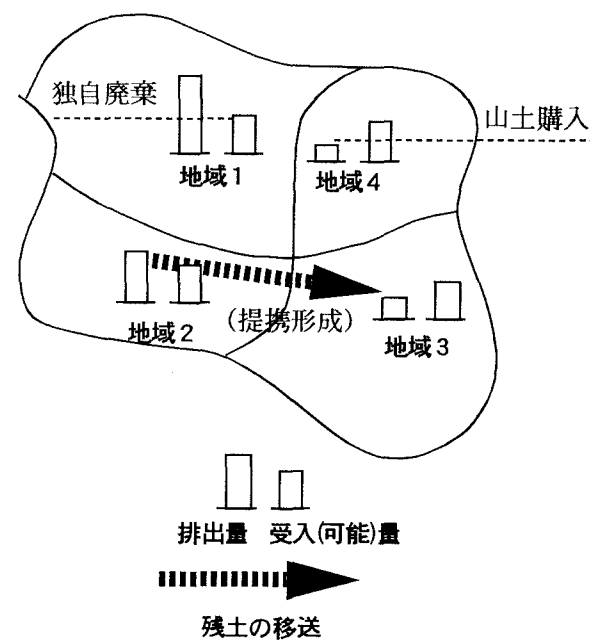


図2 地域間ゲーム（地域2,3による提携の結果例）

表1に示すように4つのケースで排出量と受入量の分布を変化させ、分析を行う。ケース1を標準とし、地域間の排出量と受入量のアンバランスが軽減された状況（ケース2）、地域1の排出量が増え、アンバランスが強調された状況（ケース3）、地域2と地域3の諸量を入れ替えることにより空間的位置関係を変えた状況（ケース4）を取り上げる。

表1 各ケースにおける排出量と受入量の分布
単位：万トン

ケース1	地域1	地域2	地域3	地域4
Si	45	35	25	20
Di	30	30	30	30
			$\Sigma Si - \Sigma Di =$	5
ケース2	地域1	地域2	地域3	地域4
Si	40	35	30	20
Di	30	30	30	30
			$\Sigma Si - \Sigma Di =$	5
ケース3	地域1	地域2	地域3	地域4
Si	55	35	25	20
Di	30	30	30	30
			$\Sigma Si - \Sigma Di =$	15
ケース4	地域1	地域2	地域3	地域4
Si	45	25	35	20
Di	30	30	30	30
			$\Sigma Si - \Sigma Di =$	5

表2 提携保証安定・社会的最適な提携構造

ケース1					単位：10 ⁷ 円	
提携構造	地域1	地域2	地域3	地域4	費用総額	C/S
1,2,3,4	450	150	75	150	825	
{1,2},3,4	450	150	75	150	825	
{1,3},2,4	300	150	100	150	700	
{1,4},2,3	150	150	75	100	475	CP
{2,3},1,4	450	0	50	150	650	
{2,4},1,3	450	0	50	150	650	
{3,4},1,2	450	150	75	150	825	
{1,2,3},4	450	0	50	150	650	
{1,2,4},3	150	150	75	100	475	
{1,3,4},2	0	150	100	100	350	
{2,3,4},1	450	0	50	150	650	
{1,2,3,4}	150	0	50	100	300	SO
ケース2						
提携構造	地域1	地域2	地域3	地域4	費用総額	C/S
1,2,3,4	300	150	0	150	600	
{1,2},3,4	300	150	0	150	600	
{1,3},2,4	300	150	0	150	600	
{1,4},2,3	0	150	0	100	250	CP,SO
{2,3},1,4	300	150	0	150	600	
{2,4},1,3	300	0	0	175	475	
{3,4},1,2	300	150	0	150	600	
{1,2,3},4	300	150	0	150	600	
{1,2,4},3	0	150	0	100	250	SO
{1,3,4},2	0	150	0	100	250	SO
{2,3,4},1	300	0	0	175	475	
{1,2,3,4}	0	150	0	100	250	SO
ケース3						
提携構造	地域1	地域2	地域3	地域4	費用総額	C/S
1,2,3,4	750	150	75	150	1125	
{1,2},3,4	750	150	75	150	1125	
{1,3},2,4	600	150	100	150	1000	
{1,4},2,3	450	150	75	100	775	CP
{2,3},1,4	750	0	50	150	950	CP
{2,4},1,3	750	0	75	175	1000	
{3,4},1,2	750	150	75	150	1125	
{1,2,3},4	750	0	50	150	950	
{1,2,4},3	450	150	75	100	775	
{1,3,4},2	300	150	100	100	650	
{2,3,4},1	750	0	50	150	950	
{1,2,3,4}	450	0	50	100	600	SO
ケース4						
提携構造	地域1	地域2	地域3	地域4	費用総額	C/S
1,2,3,4	450	75	150	150	825	
{1,2},3,4	300	50	150	150	650	CP
{1,3},2,4	450	75	150	150	825	
{1,4},2,3	450	75	150	100	475	
{2,3},1,4	450	50	0	150	650	CP
{2,4},1,3	450	75	150	150	825	
{3,4},1,2	450	75	0	125	650	
{1,2,3},4	300	50	150	150	650	
{1,2,4},3	0	50	150	100	300	SO
{1,3,4},2	225	75	75	100	475	
{2,3,4},1	450	62.5	0	137.5	650	
{1,2,3,4}	75	50	75	100	300	SO

表2は、各ケースにおける提携構造ごとの費用支出額ならびに提携保証安定性・社会的最適性を示している。括弧 {} 内の数は、提携に参加しているプレイヤー（地域）を意味する。当該地域にとって表中の数値が小さいほど望ましい。また表中一番右の欄で、CP は提携保証安定的な提携構造を、SO は社会的最適な提携構造を指している。

社会的な効率性が最適となる状況は、全地域の費用の総和によって評価することができる。ケース1では提携構造が“{1,2,3,4}”、すなわち全提携が結成される時、費用総額は30億円で社会的に最も望ましい。

他方、提携保証安定的な提携構造は“{1,4},2,3”となっている。地域1と地域4にとっては単独、あるいは他の2人提携が形成されるよりも合理的であり、かつそれ以上の多くの地域を含む提携を形成しようとする誘因がないことを意味する。

ケース間について比較すると、ケース1に対してケース2では地域間の排出量の格差が減った分、小さい提携でも、排出地と受入地のマッチングがとりやすくなり、小さい提携でも効率性が発揮される。またケース3では、地域1の排出量のみを増やしているが、地域1の負担が軽減される2人提携と、逆に地域1を抜きにした2人提携が安定的に形成される結果となった。ケース4では、排出量を地域2と地域3で入れ替えているが、提携形成の結果はそのまま入れ替わるのではなく、残土を最も発生させている地域1に受入能力の大きい地域が近づくことにより、{1,2}を含む提携構造が安定的となった。

また本問題は、排出地と受入地の組合せを替えると利益を受ける地域もまったく入れ替わり、他で形成される提携に対する同意を持ちにくい構造にある。このため、全提携が望ましいにもかかわらず提携の拡大が促されない結果となっていると考えられる。

3. 民間企業による提携形成促進の可能性

前章では、残土処理に関する安定的な提携の形成について分析した。本章ではさらに各地域が個々に

費用最小化を目的として提携が形成される状況よりも望ましい状態が達成できるかどうかを調べたい。上述の分析が示すように均衡結果としての提携構造は必ずしも社会的最適とはなっていない。社会的最適な提携構造を達成するためには何らかの外力が必要ということである。

そこで何らかの（民間）主体が処理費の一部を負担して未加入の地域を提携に参加させ、それ以上の料金を既に提携に加入している地域から徴収する。いずれの地域にとっても費用を軽減できるならばそのような民間サービスに価値があることになる。地域に対する上位の主体（具体的には国・国の直轄機関）がそのような役割を担うことも考えられるが、それが可能ならば先述のようなゲーム的な状況にはなりえない。すなわちここでは中央政府によるコントロールが可能な世界の想定は妥当ではない。

これには所得移転による提携拡大問題¹¹⁾が応用できるだろう。まず、文献¹⁰⁾にもとづく所得移転による提携拡大の条件を示すこととする。

ある提携に一人のプレイヤーが新たに加わることで安定的に行われるための条件は次の2つの式によって示される。

$$Q_i(TUj/i) - P_i(TUj) \leq 0 \quad (8)$$

$$\sum_{i \in T} [P_i(TUj) - Q_i(T)] \geq Q_i(T) - P_i(TUj) \quad (9)$$

ただし、ここで記号Uは和集合を表し、G/hはプレイヤーhが集合Gから離脱することを意味する。新たに加わるプレイヤーをここでは特にjと表すこととする。P、Qはともに利得を表すが、前者は当事者が当該提携に加わる場合、後者は加わらない場合を意味する。

(8)式はすなわち、プレイヤーiにとって、jが入ったときには自分は提携Tから抜けずにそのまま留まる方が利益が得られることを意味する。(9)式は、自分が提携Tから出ることなくjが加わることによって利益を得るプレイヤーらが、jが提携Tに加わらないでいることの利益を、彼らの利益でカバーすれば、jも提携Tに加わるであろうことを意味している。

以上はプレイヤーjが所得移転((8)式による)によ

って提携 T に加わることの成立条件であるが、現実にはこのような所得移転は自発的には行われにくいだろう。そこでこのような提携拡大がもたらす効率性を知る主体が費用の一部を肩代わりすることによって提携拡大を促せばよい。内部での所得移転を伴わない場合、以下の条件も必要となる。

$$x_{ci}(T)-x_{ci}(T\cup j)\geq 0 \tag{10}$$

同様に(8)(9)式も本論文の変数で書き換えれば次のように表される。

$$x_{ci}(T\cup j/i)-x_{ci}(T\cup j)\geq 0 \tag{8'}$$

$$\sum_{i\in T}[x_{ci}(T)-x_{ci}(T\cup j)]\geq x_{cj}(T\cup j)-x_{cj}(T) \tag{9'}$$

ケース1を対象として、提携保証均衡にある提携構造”{1,4},2,3”から、提携に属さない地域への所得移転を行うことで社会的に効率性が改善される提携構造に変えることができるかを調べる。(8')(9')(10)式の成立をすべてのプレイヤーについて調べると表3のようになる。

民間主体が、表3に示す徴収可能額を各地域から徴収し、提携拡大に伴って生じる費用の増額をまかなうことができれば提携拡大の事業が成立する。ケース1で”{1,4},2,3”から3人提携で唯一社会的効率性が改善される”{1,3,4},2”には拡大が可能であるが、さらに全提携”{1,2,3,4}”へ拡大することは不可能であることがわかる。

表3 ケース1における提携拡大の採算性
単位：10⁷円

拡大提携	徴収可能額	費用増額	採算性
{1,4},2,3 ↓ {1,3,4},2	地域1から150 地域4から50	地域3へ25	175
{1,3,4},2 ↓ {1,2,3,4}	地域1から0 地域3から50 地域4から0	地域1へ150 地域2へ0	-100

この結果はあくまで一数值事例におけるものであるが、このようにして提携拡大の仲介役を担う企業があってもよいことになる。

4. おわりに

本論文は、建設残土の処理に関わる地域間の提携の形成について論じた。建設残土処理問題は規制だけで解決できるものではなく再生処理のコストダウンとともに本論に述べたような地域間の提携の形成および拡大が有効であることを明らかにした。

もちろん本分析の枠組みでは説明できない要因で提携が形成される可能性もある。例えば地域間の関係に関する歴史的経緯、偶然性、より高度なレベルの利得計算などである。これらについては今後考慮していくこととしたい。

なお本稿にはいくつかの課題が残されている。時間的に変動する需給の不均衡をいかに調整するかも重要な課題であり、これを解決するビジネスも新規事業として期待されるものである。また提携拡大に複数の企業が参入する場合についても考察したい。

注 文献3)では線形計画問題として定式化されているが、本論文では再生処理過程をi)多期間に及ばない、ii)施設の容量を明示的に取り扱わないこととしたため、輸送計画問題となっている。

参考文献

1)北村喜宣：産業廃棄物への法政策的対応，第一法規，1998。
2)石井一郎他著：建設副産物-建設廃棄物の処理とリサイクル-，森北出版，1998。
3)和田かおる，山本幸司：建設残土再利用計画システムの構築に関する一考察，建設マネジメント研究論文集 Vol.4, pp.123-130, 1996。
4)新田直司，渡邊法美，吉田恒昭，國島正彦：建設リサイクルの行政システム，建設マネジメント研究論文集 Vol.5, pp.18-24, 1997。
5)厚生省生活衛生局：首都圏の産業廃棄物の広域移動の状況について，都市と廃棄物，Vol.28, No.11, pp.34-46, 1998。
6)Aumann, R. J. and Dr`eze, J., Cooperative Games with Coalition Structures, International Journal of Game Theory, 3, pp.217-237, 1974。
7)Bernheim, B.D., Peleg, B. and Whinston, M.D., Coalition-Proof Nash Equilibria I. Concepts, Journal of Economic Theory, 42, pp.1-12, 1987。

8)秀島栄三,小林潔司: 地方公共財供給における自治体間の自発的協力形成に関するモデル分析, 都市計画論文集 No.33, pp.19-24, 1998.

9)Carraro, C and Siniscalco, D.: *New Directions in the Economic Theory of the Environment*, Cambridge University Press, 1998.

10)岡田章: ゲーム理論, 有斐閣, 1996.

11)Botteon, M. and Carraro, C., *Burden sharing and coalition stability in environmental negotiations with asymmetric countries*, in *International Environment Negotiations-Strategic Policy Issues*, Edward Elgar Publishing Ltd, UK, 1997.

付録

提携保証ナッシュ均衡 (Coalition-Proof Nash Equilibrium) の定義⁶⁾

プレイヤー i の戦略の集合を T^i 、戦略に対応する利得関数を $g^i: \Pi_{j=1}^n T^j \rightarrow R$ として、ある n 人ゲーム $\Gamma = [g^i]_{i=1}^n, \{T^i\}_{i=1}^n]$ を考える。 J を $\{1, \dots, n\}$ のプロパーな集合とし、 J を J の要素とする。なお全プレイヤーによる戦略の組合せ $T^J \equiv \Pi_{i \in J} T^i$

は単に T と表す。 また $-J$ は全体集合 $\{1, \dots, n\}$ における J の補集合である。さらに $t_{-J}^0 \in T^{-J}$ に対して Γ/t_{-J}^0 は部分集合 J により提携を形成しようとする戦略 T^J が果たされるゲームである。すなわち、全ての $i \in J$ 、全ての $t_j \in T^j$ に対して $g^{\#}: T^J \rightarrow R$ が $g^{\#}(t_j) \equiv g^i(t_j, t_{-j}^0)$ という形で与えられるとき、この部分ゲームは $\Gamma/t_{-J}^0 \equiv [\{g^{\#}\}_{i \in J}, \{T^i\}_{i \in J}]$ と表される。

以上の諸定義のもと、提携保証性 coalition-proofness は、自己拘束性 self-enforceability の定義とともに次のような帰納的な形で定義される。

(i) 単一プレイヤーによるゲーム Γ において戦略 $t^* \in T$ は提携保証ナッシュ均衡である。

(ii) プレイヤーが2人以上のとき、それより少ないプレイヤーによる部分ゲームで提携保証ナッシュ均衡が存在するものとする。そのとき、

(a) 全ての $J \in J$ に対して t_j^* が部分ゲーム Γ/t_{-j}^* において提携保証ナッシュ均衡であるとき、いかなる n 人ゲームにおいても $t^* \in T$ は自己拘束的である。

(b) もし $t^* \in T$ が自己拘束的で、かつ他にすべてのプレイヤーに対して $g^i(t) > g^i(t^*)$ となるような自己拘束的な戦略 $t \in T$ が存在しないとき、いかなる n 人ゲームにおいても $t^* \in T$ は提携保証ナッシュ均衡である。

The Possibility of Socially Efficient Disposal of Construction Surplus Soil by Private Agent

Many years have passed since illegal disposal of construction surplus soil became a social problem in Japan. The important thing is not only strict regulation but the arrangement of economical and technological conditions for the proper disposal of surplus soil. If neighboring regions form a coalition, they may diminish the discharge amount and then save the treatment cost. However, it is not easy to find the best partner regions to cooperate with. Thus, it is expected that a private agent can extend the coalition and manage a part of treatment so as to improve the social welfare while it charges the regions for the disposal. This paper provides a game-theoretic model describing coalition formation among regions and analyses the possibility of socially efficient disposal of construction surplus soil by extending coalition by some private agent.