

平成 13 年度環境省委託調査事業

ウクライナにおける家畜排泄物等の
有機廃棄物（バイオマス）の
リサイクルに関する調査

平成 14 年 2 月

特定非営利活動法人

日本 PFI 協会

目 次

1. プロジェクト実施に係る基礎的要素

プロジェクトの背景 -----	1
プロジェクトの運営・管理体制-----	5

2. ベースラインの設定と温室効果ガス排出削減効果

ベースラインの設定 -----	9
温室効果ガス排出・吸収量の算定 -----	9
本プロジェクトの場合 -----	20

3. 間接影響

経済的側面 -----	21
社会文化的側面 -----	22
環境影響 -----	22

4. 費用対効果 ----- 22

5. モニタリング ----- 24

6. プロジェクトの持続可能性 ----- 25

7. 他地域への普及効果 ----- 26

8. 結 論 ----- 27

9. 資 料 ----- 32

- I. 家畜糞尿、厨芥・屠場廃棄物処理概要
- II. GM（グリーンマイティ－）方式関連資料
- III. ウクライナにおける環境保全 法と制度

1. プロジェクト実施に係る基礎的要素

プロジェクトの背景

「本プロジェクトとウクライナ」

本プロジェクトが推進する GM (グリーン・マイティ) 方式は家畜の排泄物等の有機性廃棄物を化学的プロセスにより処理し、副資材として産する土壌改良材(有機物・石灰複合体)をリサイクル資材として活用するものである。

簡便な装置で大量の廃棄物の処理が可能であり、寒冷地においても適用でき、副資材の活用により農地の地力回復に顕著な効果があることが確かめられている。さらに有機性廃棄物の処理の過程で発生する CO₂ を有機物・石灰複合体から腐植物質へ全量転化するため、温室効果ガスの削減に効果がある。

旧ソ連邦の構成共和国の一つであったウクライナは発達した工業を持つ一方、歴史的に農業、畜産に優れ、フランスに匹敵する国土面積の 70% は平地である。さらに GM 方式の副資材である有機・石灰複合体が効果を発揮する酸性土壌(非チェルノジョーム、ポドゾル化土)の地域が広いことも注目される。

ウクライナは東西南北にまとまった形状をしており、地域間の気候の差異がほとんどないため GM 方式導入が適切であるかの検討はサンプル地区 1 箇所において実施すれば十分である。

ウクライナは気候変動に関する国際会議のメンバー国(1996 年批准)であり、ウクライナ閣僚会議に付属し、ウクライナ政府副首相が主宰する気候変動省庁間委員会及び環境・天然



資源省は、国内アクションプランの策定、排出権の取引等各国との調整を任務としている。

ウクライナには環境保護を掲げる NGO が約 50 団体あり(平成 13 年 8 月末現在 ウクライナ環境・天然資源省による)、その中

巻末資料「家畜糞尿、厨芥・屠場廃棄物処理概要」参照

巻末資料「ウクライナ環境・天然資源省パンフレット」参照

で最大の組織「Alliance to Save Energy」にはこうした環境保護団体が 35 加盟している。環境問題に関するウクライナの世論の関心は強い。

「ウクライナにおける農業・畜産業の現況」

1991 年 12 月旧ソ連邦の崩壊を契機に、ウクライナを始めとする旧ソ連邦を構成する 15 の共和国はそれぞれ主権国家として自立の道を歩むことになった。

社会主義計画経済を主導原則としていたこれらの国々の国民経済は、かつて旧ソ連邦の単一経済システムによる人為的な分業体制の中で、緊密な産業連関に組み込まれていた。旧ソ連邦の崩壊はこの産業連関を至るところで断ち切り、各国の経済は未曾有の困難に遭遇することとなった。

旧ソ連邦ではロシアに次いで発達した工業国であったウクライナも、物的生産ベースでは経済最盛期であった 1989 年に比較すると半減し、2001 年の国民経済概況においても顕著な回復基調は観測されていない。

ウクライナの農業・畜産業も同様に大きな打撃を受け、穀物生産高が半減し、畜産・養鶏等においても保有頭数（羽数）がおおよそ半減している。（表 1）

表 1 ウクライナにおける家畜・家禽数の推移（単位：千頭 調査：各年 1 月 1 日時点）

	1991	1999	2000	2001	
大型有角家畜*	24,623.4	11,721.6	10,626.5	9,219.6	注：37.43%
内 乳牛	8,378.2	5,840.8	5,543.0	4,904.3	59.24%
豚	19,426.9	10,083.4	10,072.9	7,928.5	40.81%
羊・山羊	8,418.7	2,206.0	1,884.7	1,766.5	20.98%
馬	734.4	721.3	698.1	698.1	88.30%
家禽(単位：百万羽)	246.1	129.5	126.0	123.0	49.98%

* 肉牛、乳牛等 注：1991 年との対比

社会主義経済のもとで共同体農場（コルホーズ）もしくは国营農場（ソフホーズ）が支配的であった農業・畜産業では、共同体農場（コルホーズ）において民営化が実現され農民に資産が分配された。しかし、もとより資本蓄積の乏しい経営がさらに細分化されたため総生産高は低迷している。一方、旧国营農場（ソフホーズ）では農民の高齢化や経営資金の枯渇等により多くの経営が破綻している。このため、旧ソ連崩壊後の 10 年間にウクライナでは近代的な農業経営は衰退し、農地は施肥不足のため地力が低下し、畜産・養鶏等

においても高騰した飼料費が賄いきれず肉牛、豚の多くが屠殺され、激減した。

全般的に、国营農場を引き継いだ経営では家畜・家禽の所有頭・羽数が著しく減少している一方、私的セクターでは増大している。（表2）これは、共同体所有の家畜・家禽が個人所有等私的セクターに移転されたことが主因であるが、家畜の飼養量の推移（表3）をみても、ウクライナにおける畜産・養鶏等の経営は私的セクターに重点が移りつつある事が明白である。

表2 大型有角家畜のセクター別所有頭数の推移（単位:千頭 調査時点:表1に同じ）

	1991		2001		対1991年比
	頭数	%	頭数	%	%
計	24,623.4	100	9,219.6	100	37.43
社会的所有*	21,083.1	85.6	5,025.8	54.5	23.87
私的セクター	3,540.1	14.38	4,193.8	45.5	118.47
内 乳牛					
計	8,378.2	100	4,904.3	100	59.24
社会的所有*	6,191.5	73.9	1,850.9	37.7	29.89
私的セクター	2,186.6	26.1	3,053.4	62.3	139.64

*社会的所有（セクター）とは、1991年においては共同体農場（コルホーズ）及び国营農場（ソフホーズ）の集団所有に係るものを指し、1992年以降においては国营農場を引き継いだ農業企業を指す。

表3 大型有角家畜のセクター別飼養量の推移（1頭あたり年間、100kg）

	1991	1998	1999	2000
乳牛及び種牛				
社会的所有*	47.8	38.8	34.3	34.8
私的セクター	35.9	38.6	38.5	38.8
肉牛				
社会的所有*	19.1	17.1	14.5	14.9
私的セクター	27.5	28.4	27.1	27.5

*表2に同じ

この結果、今日牛乳の生産量は私的セクターでは社会的所有セクターに比べ1.8倍、肉牛の1日あたりの体重増量は同じく2.9倍となっている。同様の傾向は家禽類においても確かめられている。

このように、今日私的セクターが社会的所有セクターに代わりウクライナの畜産・養鶏等において主要な地位を占めているが、すでに述べた通り、資本蓄積が極めて低水準であり、またウクライナ政府による畜産・養鶏等振興のための施策も実効あるものとはなっていない。このため、生産水準は低く、家

畜排泄物等の有機廃棄物は農場周辺に投棄されたり、一部は堆肥化されている。

例外は、国営企業を引き継ぎ、今日も経営を行っている極少数の大規模養豚工場であり、旧ソ連時代に建設された施設においては活性汚泥法処理を行っている。(写真1 例示)

写真1 スロボジャンスキ養豚工場(国営企業)



「本プロジェクトに対するウクライナ政府の立場」

チェルノブイリ事故の後遺症を今日も背負うウクライナ政府は、1991年の独立国家移行後には環境保護に大きな注意を払い、法制度の整備、国際協力の推進に注力してきた。

ウクライナにおいて環境政策の推進を担うのはウクライナ環境・天然資源省である。

ウクライナ環境省の推す国土保全の主要施策は、具体的には、

- 核物質の安全管理、チェルノブイリ事故後遺症の最小化
- 主要河川であるドニエプロ河流域の環境保護と飲料水の水質保全
- ドンバス等重工業地域の環境保全
- 都市下水処理場の改修
- 黒海、アゾフ海の汚染防止
- 生態系、景観等の維持、自然保護区の再構築であり、そのほかには、

ウクライナ、ハリコフ州、チュグエフカ地区 現在約2万頭の豚を飼養している。
活性汚泥法により一日5,500m³の糞尿を処理している。

巻末資料「ウクライナのエコロジー法」(概観)参照

経済資源の合理的利用とエネルギー、建設、運輸、農業の各分野での環境保全技術の開発を特に重要視している。農業分野では、麦秆の再利用や家畜排泄物の処理などがテーマとして取り組まれている。

ウクライナ政府は欧州連合（EU）への加入を目指し、環境保全に関する国内施策と EU 基準との整合性を高め、積極的な国際協力を通じて地球環境保護への高い貢献度を世界にアピールすることを心がけている。

本プロジェクトの提案に対して、ウクライナ環境・天然資源省は傘下のウクライナ環境問題研究所 をカウンターパートとして推薦し、積極的な協力を実行された。

プロジェクトの運営・管理体制

「本プロジェクト実施に係る対象地域の状況」

本プロジェクトの対象地域としてウクライナ環境問題研究所は、ウクライナ東部ハリコフ州、ノヴォ・ヴォドラーガ地区、農業企業「オリホヴァートカ」社を選定した。

この地域は、ウクライナ第二の都市ハリコフ市から車で約 1 時間の距離にあり、都市近郊地帯であるがウクライナの人口は広い平地面積に分散しており、対象地域は人口密集地域より遠隔であり、ウクライナにおける平均的な農業地帯であるとみなす事ができる。

またこの地域の土壌は黒土地帯に属するが、表層土は長年の耕作で疲弊しており、一部ではポドゾル（灰白土壌）化している。この点においてもウクライナの平均的な状況を反映した地域である。

なお対象地の選定にあたっては、農業、畜産においてチェルノブイリの後遺症の影響を受ける可能性のある地域を除外することも考慮された。

デンマーク政府の海外技術支援基金でウクライナ、ドニエプロペトロフスク州にバイオガスプラントを建設中である。2002 年 6 月竣工予定である。（巻末資料参照）

同研究所については後述（7 頁）及び巻末資料参照。所長のグリツェンコ博士は 2001 年 11 月末付けでウクライナ環境・天然資源省の第一次官に転出している。

写真 2



「オリホヴァートカ」社は 1991 年に設立された私営企業で、当該地域の農民の出資(専ら私有地の提供)により成り立っている。

2001 年 11 月時点で、所有面積は 3000ha (内森林面積 400ha)、社員は 400 人である。事業は、小麦、とうもろこし等穀物、ピーツ等野菜の栽培のほか、乳牛、肉牛計 500 頭、鶏 7000 羽、アヒル・ガ

20000 羽のアヒル、ガチョウの放し飼い
チョウ 20000 羽を飼っている。近い将来養豚業に参入する予定がある。さらに製粉所(処理能力 45 トン/8 時間)を所有している。

写真 3

ウクライナ農業の全般的な不振の中で、積極的に家畜・家禽の飼養を行い、農業と畜産を総合した経営を目指している数少ない先進的な企業であり、ハリコフ州政府から優良農工企業として認められている。



「オリホヴァートカ」社は、「オリホヴァートカ」社敷地内の牛糞の堆肥
現在年間約 3000 トンの家禽糞
及び牛糞尿を堆肥として処理しており、GM 方式により液状スラリー糞尿を含め土壌改良材として自家消費するほか、敷地内で大量に産出する泥炭や麦桿を GM 方式により処理し、副資材の有機物・石灰複合体を商品化することも検討したいとしている。

社長は Mr.V.P.Sosonny、年間売上高は 300 万グリブナ(約 6000 万円)
ウクライナ、ハリコフ州、ノヴォ・ヴォドラーガ地区、ノーヴァヤ・ヴォドラーガ村、
MTS-33a 通り 電話 +38-05740-2-4535

ウクライナ環境問題研究所及びハリコフ州政府は、「オリホヴァートカ」社における GM 方式の導入に強い関心を持っており、今回の現地調査ではハリコフ州政府の職員も同行した。

本プロジェクトを対象地にて実施するにあたり、ウクライナ環境関連法も含め法的規制に該当する点はないことをウクライナ環境問題研究所及びハリコフ州政府国際部にて確認した。

写真 4



ウクライナ環境問題研究所におけるプレゼンテーション

「カウンターパートの体制」

ウクライナ環境問題研究所 は、旧ソ連時代にソ連全域の環境問題を研究するために設立された由緒ある研究機関で、今日に至るまで旧ソ連諸国の中で環境問題に関するもっとも優れた研究者を確保している。

研究所員数はソ連邦崩壊後も大きく減ずることなく 400 名を数え、(内 8 名の学術博士、60 名の Ph.D 取得者が在籍)化学、物理のほか法律、経済等の専門家が

勤務している。

ウクライナ政府機関として政府予算が支出されているほか、研究所を維持する基本的な収入は外部機関の委託業務から得ている。こうした外部機関にはウクライナの民間企業のほか、多くの国際機関や海外の企業組織がある。

当該研究所には旧ソ連時代に整備された分析機器のほか、近年購入した機器もあり、分析に携わる技術者の水準は高い。

研究所の専門分野は、産業廃棄物利用、上下水処理、核反応物質計測、気候変動予測などである。

今回の調査はアレクサンドル・クージン博士(研究所副所長)が担当した。

「プロジェクトの実施スケジュール」

GM 方式の導入にあたっては、
関連機械設備の製造と設営
原料および添加物の手配
運転技術の指導
が、主たる作業となる。

関連機械設備の製造と設営

GM システムの機械・設備は、ホッパー、搬送部、攪拌部、排出部および輸送機（ホッパーローダー等）からなり、わが国の製品を供与するか、関連機器製造ライセンスの供与が可能である場合、ウクライナにて製造することが可能である。（輸送機は現地所有のもので可）ハリコフ市は旧ソ連時代より宇宙ロケットを始め先端的技术開発のセンターであり、高い技術と進んだ工作設備をもった機械製造業が存在する。

わが国の製品を供与する場合、発注から現地納入まで 7~8 ヶ月かかる予定である。またライセンスの供与後現地にて製造する場合は機械・設備完成、据付までに 10 ヶ月を見ておく必要がある。

また、現地ウクライナでは 11 月から翌年 4 月までの厳寒期に戸外での建設工事は実施されない習慣である。

原料および添加物の手配

原料は現地企業にて出る家畜・家禽等の糞尿、及び農産廃棄物（麦秆、敷藁、飼料粕等）を使用する。隣接企業からの供給はウクライナの場合、一般に農工企業間の距離がわが国の場合よりも遠隔に存在している事、家畜の排泄物等を輸送する手段の確保に隘路があることにより現実的ではない。そのため機械・設備の処理能力は当該企業のための自家需要量から決定する。

添加物は生石灰であり、ウクライナにおいては容易に入手可能である。

運転技術の指導

簡便な作動原理の機械・設備であり、機械・設備の保守点検等は文書による指示で十分であるが、副資材の製造にあたり石灰投入等に係る技術指導が欠かせない。このため実働 4~5 日の指導期間が必要である。

以上のことから、本プロジェクトの実施にあたっては決定から現地での設備稼働開始まで、現地での工事時期により 1~1.5 年ほど予定しておくのが適当であろう。

2. ベースラインの設定と温室効果ガス排出削減効果

ベースラインの設定

「将来の傾向に関する見通し」については、(ウクライナ)全土について 2015 年まで考察されたデータを貼付する。(図 1)

ベースラインは、ウクライナ独立以降の年次変動を追跡したものに基いている。経時的に温室効果ガス(CO₂換算)排出量は漸減しているが、2005 年以降に漸増傾向の生じることが想定される。

ウクライナにおける温室効果ガスの主要な排出源は石炭を消費する鉱工業であり、自動車の排気ガスである。

すでに見た通り、ウクライナにおける家畜・家禽等の保有頭羽数の減少傾向はいまだ底を打っておらず、1991 年の水準に復帰するためには今後 20~30 年は少なくともかかるものと推定される。

さらに農業・畜産等において近代的経営の一時的な衰退により、農業・畜産業の生産過程における温室効果ガスの排出は極めて少量であると判断される。

ウクライナにおける家畜排泄物を主な原料とする有機性廃棄物(バイオマス)のリサイクル事業は、このような背景を考慮に入れて考察される。

温室効果ガス排出量の算定

CO₂ (図 2)、CH₄ (図 3) 及び N₂O (図 4)、CH₄ (図 5) ウクライナ全土の温室効果ガス排出量の経時傾向並びに排出削減量についての推計方法が、直接になされている。

また、ハリコフ地域における企業、住民両センターの排出 CO₂ 推計データをも付記しておいた。(図 6、図 7、図 8)

ウクライナにおける 大気中への温室効果ガス(CO₂, CH₄, N₂O)排出量の算定

「気候変化問題センター」によって、ウクライナにおける温室効果ガスの排出の計算にかんする作業が行われ、その資料に基づいて、以下に示す図表（１～５）が作成された。

ハリコフ地域の温室効果ガスの排出量も合わせて算定された。この作業には、（改訂版国家目録作成原則、MGEIK、1996 年）手法と、手元にある統計資料が使われた。

計算は、地域の企業・団体による利用（表 1、2、図 6）および住民による利用（表 3、4 および図 8）に分けて行われ、結果としての総量（表 1、2、図 8）が得られた。他の燃料の分量について情報が不完全であることと、それらによる若干の排出量が考慮されていないため、専門家の評価では、CO₂ の等価でおよそ 30% 多くなるはずである。

1999 年と比較しての 2000 年における CO₂ の排出の急激な低下にかんしては、温暖な冬と、ガスの供給と石炭の消費の減少、また、エネルギー節約の方策の実施がある程度の段階に達したことによって説明される。

表 1 - ハリコフ州における企業・団体による燃料の利用

	燃料の種類	計測単位	1998	1999	2000
1	自動車用ガソリン	1000 トン	159.7	142.2	119.9
2	ディーゼル燃料	1000 トン	241.0	220.4	213.8
3	天然ガス	100 万 M ³	3789.8	3736.3	3281.1
4	石炭	1000 トン	2811.4	3035.5	2076.0
5	暖房用薪	1000 層積 M ³	14.4	14.5	20.8

表 2 - ハリコフ州の企業・団体による CO₂ の排出

	燃料の種類	計測の単位	1998	1999	2000
1	自動車用ガソリン	1000 トン	468.39	417.07	352.66
2	ディーゼル燃料	1000 トン	755.46	690.88	670.20
3	天然ガス	1000 トン	7298.29	7195.27	6318.65
4	石炭	1000 トン	6072.90	6556.97	4484.36
5	暖房用薪	1000 トン	12.31	12.40	17.79
	合計	1000 トン	14607.35	14872.59	11843.66

表 3 - ハリコフ州の住民による燃料の利用

	燃料の種類	計測単位	1999	2000
1	自動車用ガソリン	1000 トン	62.7	72.1
2	ディーゼル燃料	1000 トン	13.0	14.8
3	天然ガス	100 万 m^3	1356.5	943.9
4	石炭	1000 トン	57.4	33.8
5	暖房用薪	1000 層積 m^3	92.0	121.4

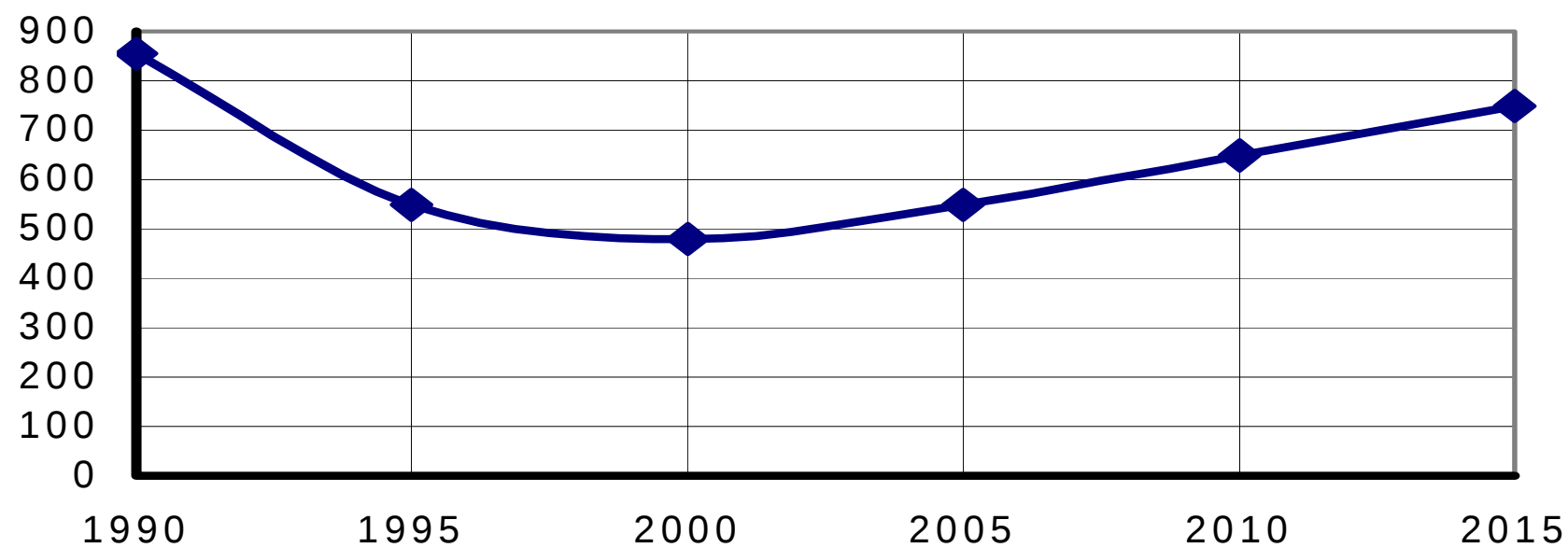
表 4 - ハリコフ州住民の燃料消費による CO_2 の排出

	燃料の種類	計測の単位	1999	2000
1	自動車用ガソリン	1000 トン	183.90	211.47
2	ディーゼル燃料	1000 トン	40.75	46.39
3	天然ガス	1000 トン	2612.31	1817.74
4	石炭	1000 トン	123.99	73.01
5	暖房用薪	1000 トン	78.67	103.81
	合計	1000 トン	3039.62	2252.42

表 5 - ハリコフ州の住民および企業・団体による燃料消費による合計の CO_2 の排出

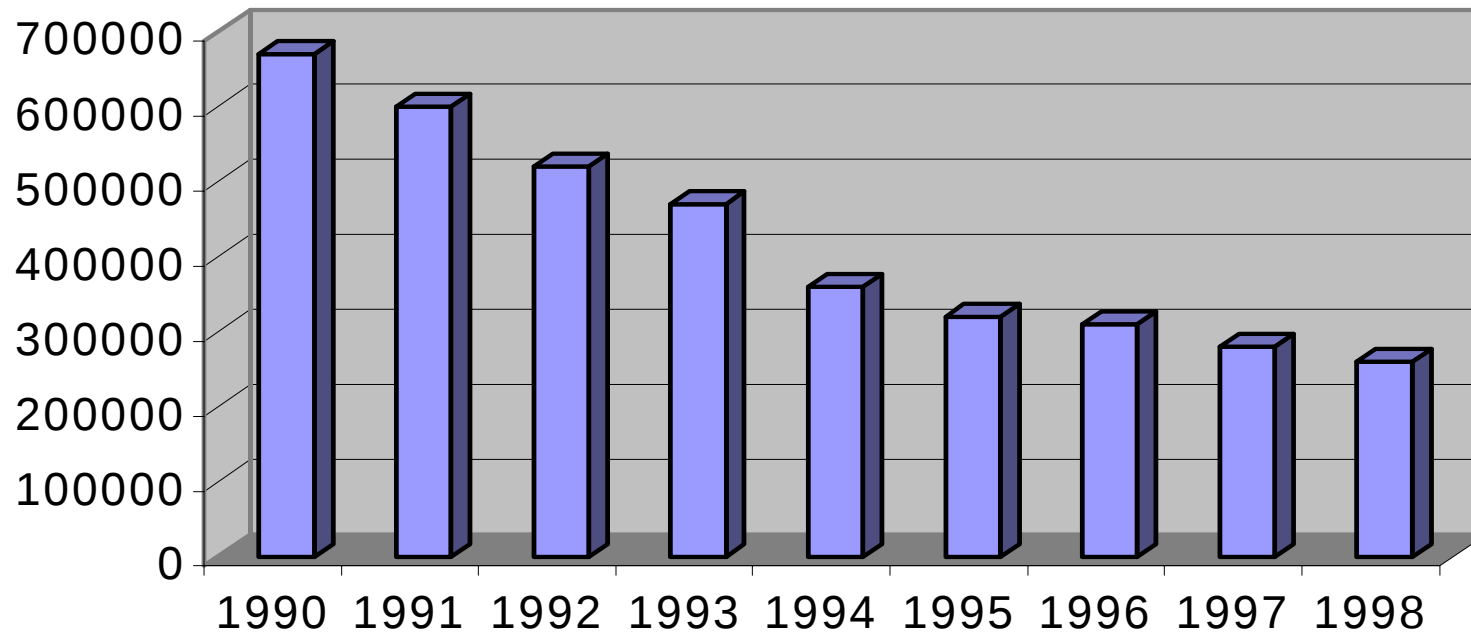
	燃料の消費者	排出量		
		1998	1999	2000
1	企業・団体	14607.35	14872.59	11843.66
2	住民	2960.37	3039.62	2252.42
	合計	17567.72	17912.21	14096.08

図1 ウクライナにおける温室効果ガスの排出の予測
100万トン CO₂等価



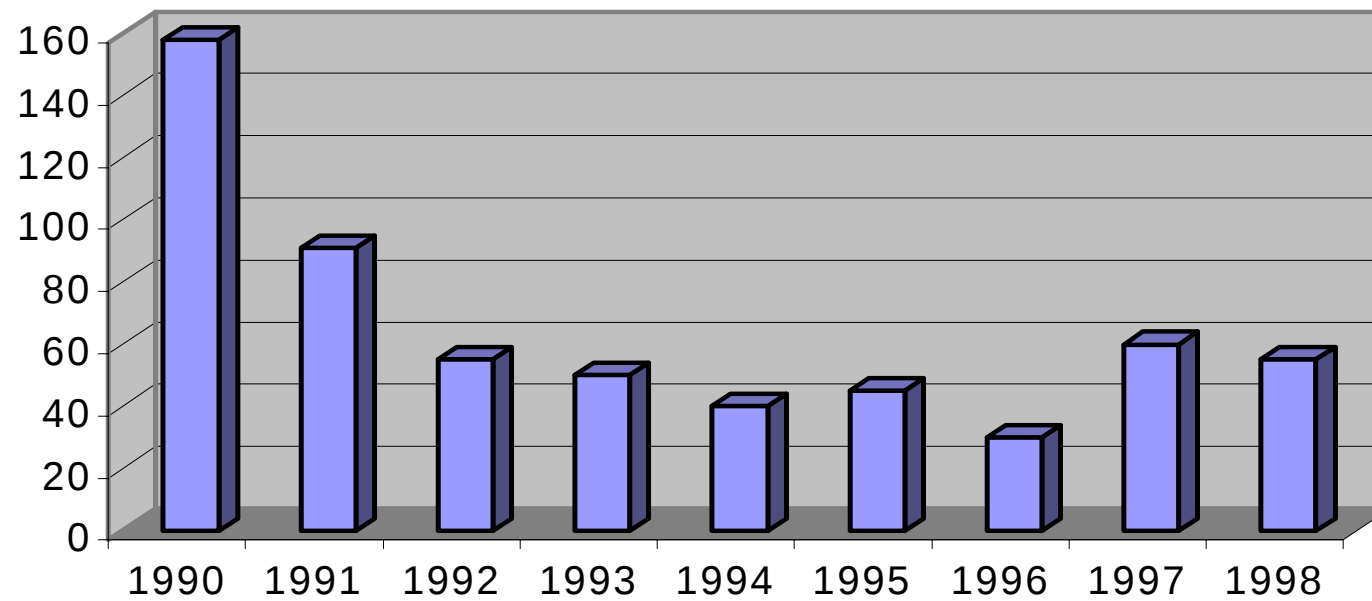
出所-"気候変動問題センター"

図2 ウクライナにおける燃料の消費によるCO₂の排出
1000トン



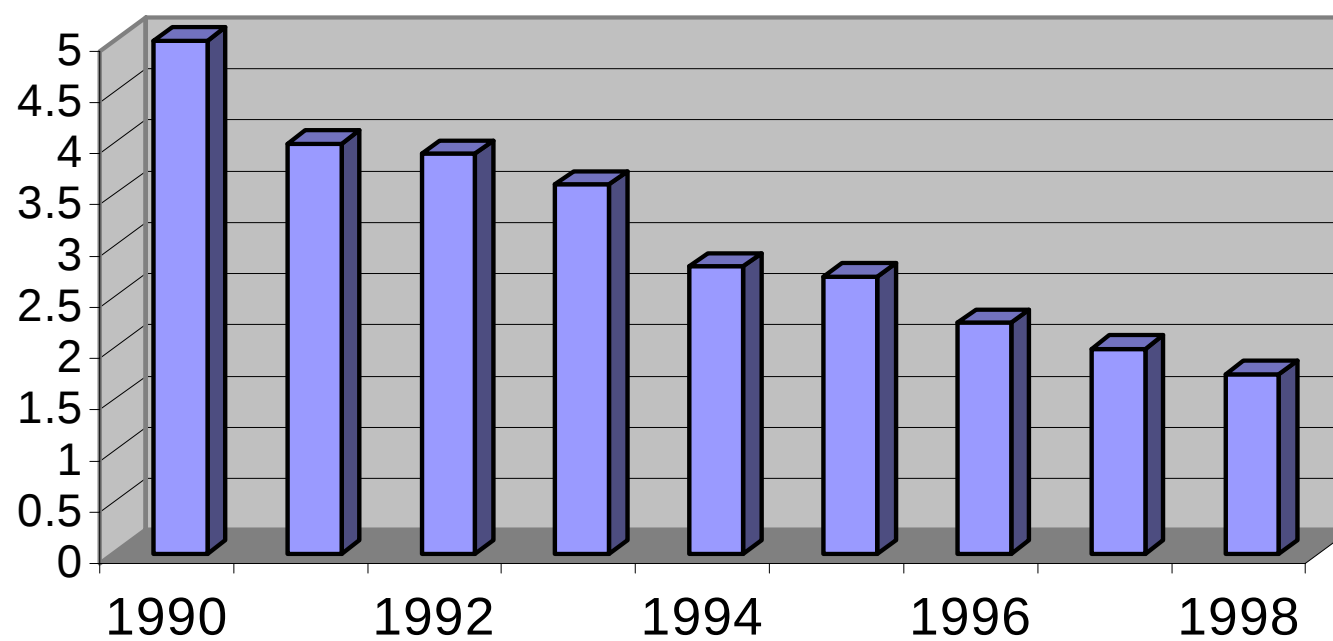
出所-"気候変動問題センター"

図3 ウクライナにおける燃料の消費によるCH₄の排出
1000トン



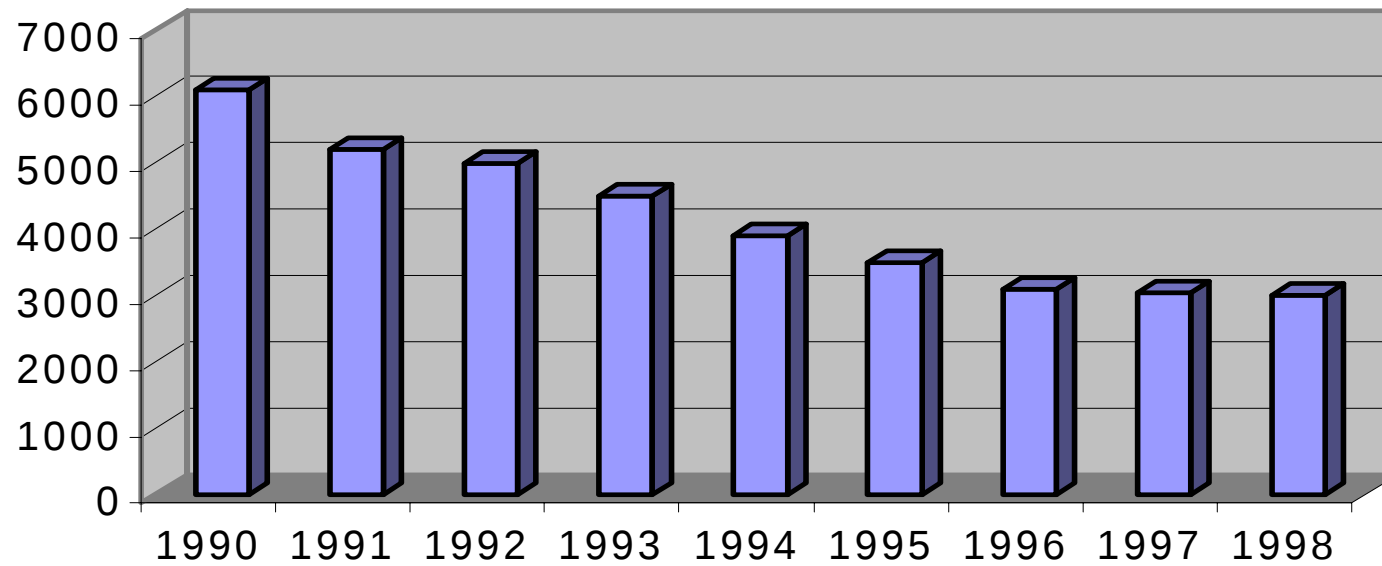
出所-"気候変動問題センター"

図4 ウクライナにおける燃料の消費によるN₂Oの排出
1000トン



出所-"気候変動問題センター"

図5 ウクライナにおける燃料の採掘、加工および
輸送に際してのCH₄の排出 1000トン



出所-"気候変動問題センター"

図6 - ハリコフ州の企業・団体によるCO2の排出のダイアグラム

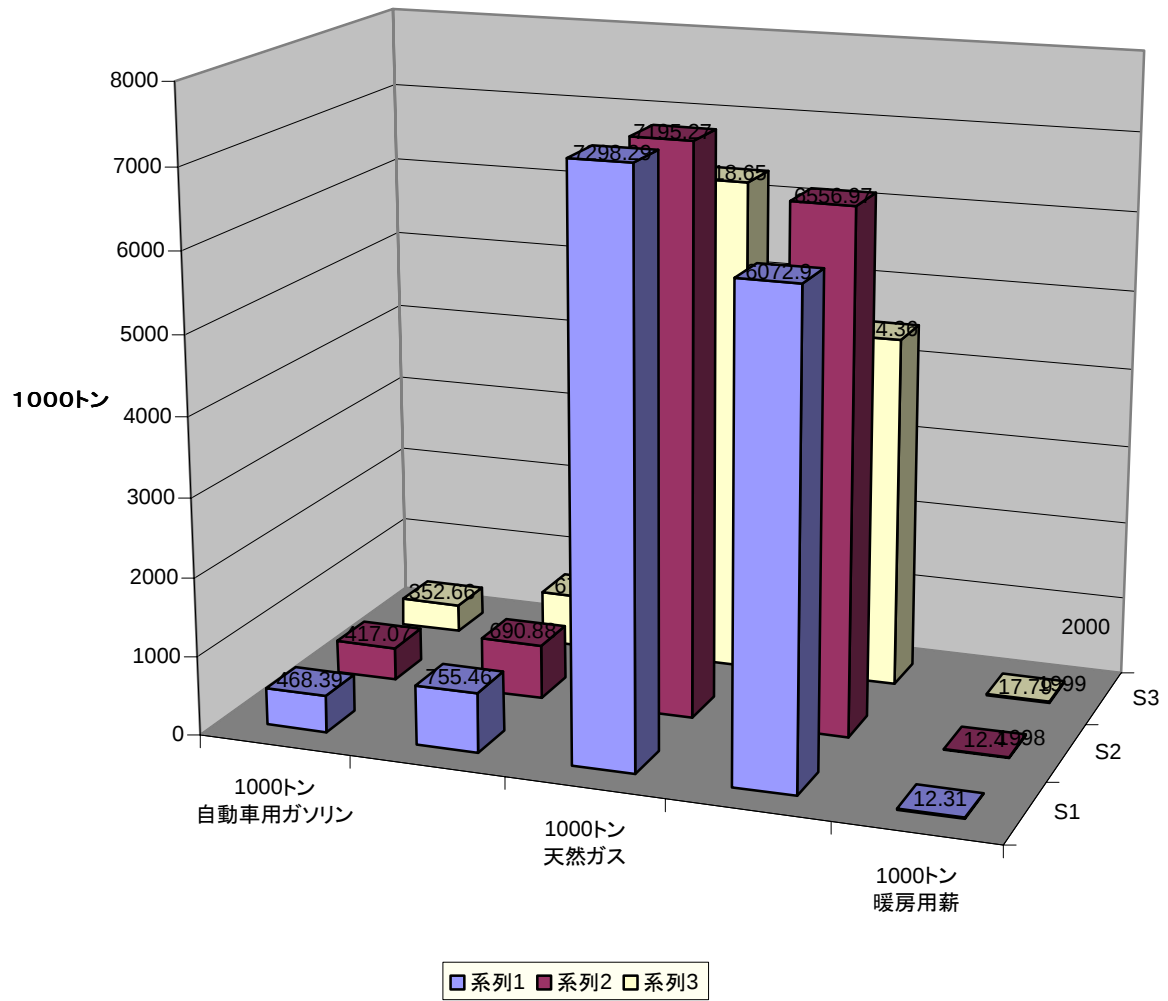


図7 - ハリコフ州の住民によるCO2の排出

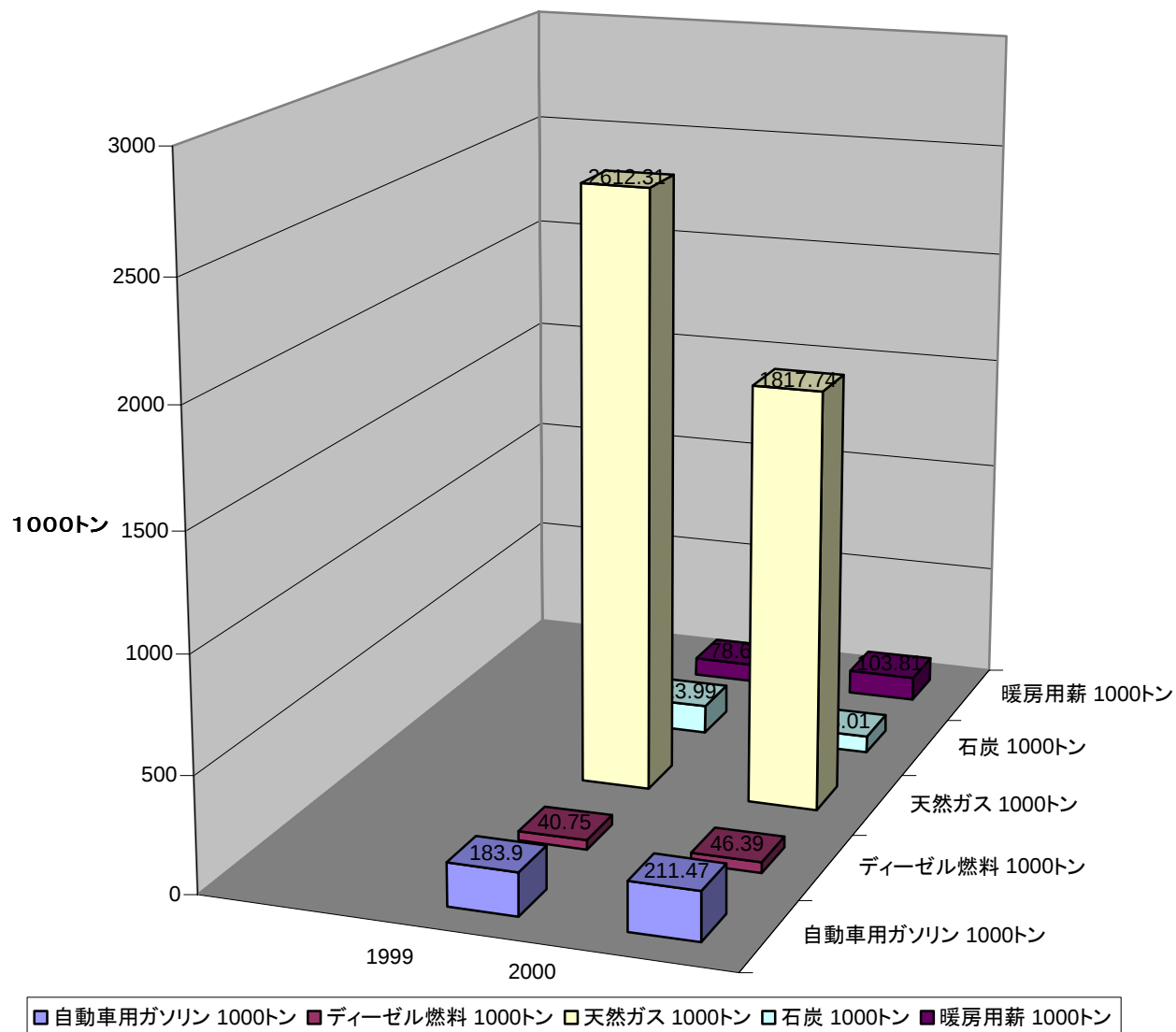
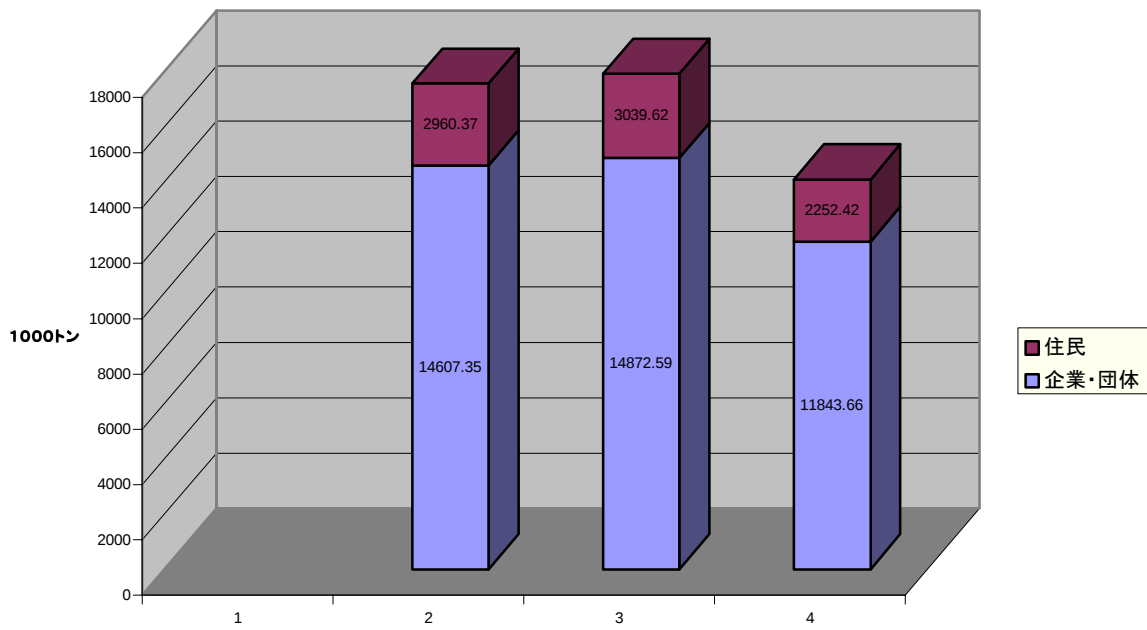


図8 - ハリコフ州の合計のCO2の排出のダイアグラム



本プロジェクトの場合

- 対象地域（「オリホヴァートカ」社）の家畜頭数は 500 頭であり、家禽は 27000 羽である。
- これらの家畜・家禽が排泄する糞尿をもれなく回収したと仮定すると、年間約 9690 トンの糞尿が集積される。（巻末資料「GM 方式による有機物・石灰複合体の効果」参照）
- しかし、ウクライナではブタ、ニワトリで集約飼育方式が一部でなされているものの、多くは放し飼いされており、「オリホヴァートカ」社においても集積して堆肥化などの処理を行っている糞尿の量は既述の通り年間 3000 トンである。GM 方式による家畜・家禽の糞尿のリサイクルを目的に、糞尿の回収設備を改良すると仮定し、リサイクル資源化をはかる糞尿の年間の収量を 3600 トンとする。
- GM 方式に用いられる設備の処理能力を 1 日 12 トンとすると、年間 300 日設備を稼働させることにより、回収した糞尿を処理することができる。
- GM 方式により 3600 トンの家畜・家禽の糞尿の処理を行うことにより、現在大気中に放散している CO₂ は、産出される副資材である有機物・石灰複合体から腐植物質へ全量転化するため、CO₂ はほとんど発生しない。
- GM 方式の導入により化学肥料の使用が抑制されるが、今日のウクライナにおいては化学肥料による施肥が極めて僅かであるか、施肥されていない。またプロジェクト実施期間を 10 年と仮定した場合、この期間中にウクライナ農業において化学肥料の施肥量の改善について予想を行うことが困難であるため、化学肥料の使用抑制による温室効果ガス削減量の算定は除外した。
- とところで、回収対象の糞尿から現在大気中に揮散する温室効果ガスである CO₂、メタンガスおよび窒素酸化物の排出量削減については、基礎となる現状の排出

量そのものがウクライナの農業セクターにおける畜産・養鶏等の経営実態からみて無視してよい僅かな量であることが今回の調査により明らかになった。

- 年間 3600 トンの家畜・家禽等の糞尿を処理するために消費するエネルギーは、1 日 12 トンの処理能力を持つ GM 設備(GM1000Z)において電力が年間 4800kWh、ホッパーローダー等の輸送機のガソリン消費量が 3000 リッターであり直接、間接に CO₂ を発生するが、いずれも GM 方式による CO₂ の腐植物質への転化と相殺される水準の量であり無視してよい。
- したが、本プロジェクトの実施により対象地域における温室効果ガスの削減量は、検討に値する水準ではないと判断せざるをえない。

3. 間接影響

経済的側面

GM 方式による家畜の排泄物等有機性廃棄物のリサイクルにより、次のような経済的効果が予想される。

- (ア) 化学肥料の施肥不足による地力低減した農地の生産性回復に寄与する。
- (イ) 化学肥料の施肥量を代替する。
- (ウ) ポドゾル（灰白土壌）等低生産性の土地の再生により農地の拡大が期待できる。
- (エ) 活性汚泥法処理に代替する事によりエネルギー消費を節約することができる。
- (オ) 関連設備の製造メーカー及び石灰採集業者に事業拡大及び雇用機会を与える。

社会文化的側面

GM 方式による家畜の排泄物等有機性廃棄物のリサイクルにより、次のような社会・文化的効果が予想される。

- (ア) 資源の有限性に関する社会的理解が高まる。
- (イ) 衛生的、文化的環境への関心が高まる。
- (ウ) 副次的収益の獲得により生活のゆとりがもたらされる。

なお、対象地域では家畜の排泄物等のリサイクルに関する社会的タブーは存在しない。

環境影響

GM 方式による家畜の排泄物等有機性廃棄物のリサイクルにおいては環境負荷をもたらす有害物質の排出はない。また GM 方式の処理プロセスにおいては、二次、三次処理を必要とする副産物は一切出ない。

4. 費用対効果

1 日 12 トンの処理能力を持つ GM 設備が、わが国において製造され、ウクライナへ輸出された後、据付・運転指導が行われた場合のコストを下記に示す。これらの機械・設備の耐用年数はわが国においては 15 年を超えるものであるが、ウクライナの対象地域においては 10 年と仮定し、これをプロジェクト期間とする。原料に添加する生石灰は年間 3600 トンの糞尿処理に対して 540 トン使用される。

表 4 プロジェクト期間中の GM 方式機械・設備稼働コスト (単位：円)

費 用 項 目	プロジェクト期間中のコスト
GM 方式機械・設備 (含む据付、運転指導)	110,000,000
輸送機	3,000,000
機械・設備保守コスト (10 年)	15,000,000
生石灰 (540 トン × 10 年 × 5000 円)	27,000,000
電気代 (10kWh × 600 時間/年 × 0.8 × 10 円/kWh × 10 年)	480,000
現地運転員人件費 (1 名 × 年 24 万円)	2,400,000
計	157,880,000

なお、すでに述べた通り、ウクライナ、ハリコフ市において当該機械・設備を製造することは技術的に十分可能である。仮に、わが国より製造ライセンス(10 基分)を 1 億円にて供与したとする。この場合、上記 で検討した数値の約 3 分の 1 の経費で本プロジェクトを実施できる。10 基以降のライセンスコストの低減、運転指導不要等の要素を考慮すればさらに低いコストで GM 方式の導入を図る事が可能となる。

表 5 GM 方式機械・設備稼働コスト (ウクライナ製機械・設備採用) (単位：円)

費 用 項 目	プロジェクト期間中のコスト
GM 方式機械・設備製造ライセンス (/10 基)	10,000,000
GM 方式機械・設備 (含む据付)	10,000,000
輸送機	3,000,000
機械・設備保守コスト (10 年)	3,000,000
運転指導 (わが国より派遣)	1,000,000
生石灰 (540 トン × 10 年 × 5000 円)	27,000,000
電気代 (10kWh × 600 時間/年 × 0.8 × 10 円/kWh × 10 年)	480,000
現地運転員人件費 (1 名 × 年 24 万円)	2,400,000
計	56,880,000

注：表 4 及び 5 においてインフレ要因は捨象してある。

ハリコフの機械製造メーカー (State Enterprise Kharkov Machinery Plant “FED”, ウクライナ、ハリコフ市、スームスカヤ通り、132 電話 +38-0572-47-1601) にて打ち合わせ、確認した。

5. モニタリング

モニタリングはウクライナ環境問題研究所が実施する。

モニタリングは次の項目に関して実施する。

- 家畜・家禽等の飼養頭羽数
 - GM 方式の機械・設備稼動時間
 - GM 方式により処理された糞尿量
 - GM 方式により処理された糞尿以外の原料の種類と数量
 - GM 方式の副資材「有機物・石灰複合体」の産出量*と商品化量及びその価格 *
- （糞尿量 + 生石灰投入量）
- 機械・設備、輸送機の保守等の経費
 - 生石灰の使用量と単位価格
 - 電気使用量と単位価格
 - 輸送機の燃料使用量と燃料単位価格
 - 専任職員数と人件費

モニタリングは年 2 回実施する

6. プロジェクトの持続可能性

現在、ウクライナにおける家畜の多くは放飼いの条件のもとでそれらの排泄物等は自然の物質循環に組み込まれて、環境汚染の要因とはなっておらず、温室効果ガスの排出も極めて低水準である。

本プロジェクト対象地域の農工企業「オリホヴァートカ」社は、集約的な家畜・家禽の飼養を行っており、家畜・家禽の排泄物等は隣接地に放棄されたり、一部堆肥として処理されている。

家畜・家禽を集約的に飼養する農工企業はまだ少数であり、そこで飼養される家畜・家禽の総頭羽数はウクライナ全体の家畜・家禽数の 10%を超えないものと推測される。しかし、今後 15~20 年の長期的展望に立てば、「オリホヴァートカ」社のごとき農工企業が私的セクターにおいて数多く現れ、集約的飼養数も増加するものと考えられる。

ウクライナ環境・天然資源省は農業・畜産業における環境保全、資源リサイクル技術の開発・導入に積極的である。

現在、これらの経営においては化学肥料の高騰によって農地や飼料栽培地への施肥量が絶対的に不足しており、家畜・家禽排泄物等の有機性廃棄物の有効利用による収益増大に強い関心を寄せている。ウクライナにおける化学肥料プラントのほとんどが操業を停止し、生産設備を廃棄せざるを得ない状況にあり、一方外国産肥料の利用は農民の購買力から判断してここ 5~10 年は現実的ではない。

家畜・家禽等の排泄物は常時産出されるため事業の持続的維持が重要な意義を持つ。

しかし、先進的な農工企業である「オリホヴァートカ」社においても現在の年

間売上高が 6000 万円ほどであり、GM 方式の機械・設備を自費で購入することは不可能であり、本プロジェクトを推進するうえで日本の積極的な支援は不可欠である。

GM 方式の機械・設備の維持管理・運転は簡便であり、特別な専門的知識は要求されない。「オリホヴァートカ」社においては機械工等専任職員の配置を行う計画でいる。

GM 方式の導入につき、カウンターパートであるウクライナ環境問題研究所およびハリコフ州政府は強い関心を持っている。

ハリコフを始めウクライナにおける機械製造業が旧ソ連邦崩壊後、深刻な経営不振に陥っており未だ回復の手がかりが得られておらず、ウクライナ政府や州政府は同部門の再生のためにあらゆる支援を惜しまない。GM 方式の機械・設備の製造に関してウクライナの行政機関から様々な支援が期待できる。

日本の支援を前提に、ウクライナにおける GM 方式導入を前提とした家畜・家禽等の排泄物のリサイクル事業は、対象地域を拡大し安定した持続的事業となる可能性を持っている。

7. 他地域への普及効果

ハリコフ州はウクライナの東部に位置し、ウクライナの平均的な気候条件、土壌・地理的条件を有している。このため、本プロジェクトの事業性が確認されれば、全ウクライナにおいて適用可能である。

またウクライナに隣接する、ロシア南部、ベラルーシ南部、ポーランド、ハンガリー、スロバキア、モルドバさらにはルーマニアにおいても気候、土壌・地理的条件等が類似しており、ウクライナにおける検討結果を敷衍することが可能である。

8. 結 論

家畜・家禽等の排泄物の処理は集約的な飼養を行う日本を始めとする先進諸国で大きな環境問題となっている。これを解決する方法論につき「家畜糞尿、厨芥・屠場廃棄物処理概要」で述べた。(添付資料参照)

有機性廃棄物の処理に関しては、バイオガス・プラント(メタン発酵リサイクルシステム)やコンポスト化システムが抱える欠陥を持たない化学的処理システムである GM(グリーンマイティー)方式が推奨される。

バイオガス・プラントやコンポスト化システムでは有機性排泄物から発生する温室効果ガスの少くない部分が大気中に離散するのに対し、GM方式では有機性廃棄物の処理プロセスで発生する CO₂ が副資材である有機物・石灰複合体から腐植物質に全量転化する。

ウクライナにおいては旧ソ連邦の崩壊後、国民経済の不振が長らく続き、今日に至るも顕著な回復の兆しが見えない。農業、畜産業においても生産が半減したまま低迷している。それでもウシ、ブタ等の家畜の飼養頭羽数は日本とほぼ等しい水準にあるが、日本の 1.6 倍の国土面積を持ち、かつ平地率が 70%以上を占めるウクライナでは厳寒期を除いてこれら家畜・家禽等はブタやニワトリを除くと、ほとんどが放牧飼養されており、集約的飼養を行う経営はごく僅かであることが現地視察において判明した。

現在ウクライナにおいては、家畜・家禽等の排泄物は大半がそのまま周辺に投棄されるか、堆肥にされており、自然の物質循環に組み込まれて問題とすべき量の温室効果ガスの発生を見ていない。このため、GM方式の導入による温室効果ガスのめ

だった排出削減は期待できないことが今回の調査で判明した。

将来、ウクライナにおいて、家畜・家禽等の集約的飼養に伴う大量の排泄物の処理が現実的な問題となる時期が来た段階で、あらためて温室効果ガス削減の課題が提起されるであろう。

ウクライナにおける温室効果ガスの主たる発生源は発電、暖房等のエネルギー関連および内燃機関の排気ガスである。しかし、これととも 2.「ベースラインの設定と温室効果ガス排出削減効果」で明らかにした通り、ウクライナにおいては 1990 年以降社会経済活動の停滞のため排出量が激減している。排出権取引におけるウクライナのデポジットは大きい。

ウクライナ政府は、欧州連合（EU）への加盟を目指し、環境保護に関する国内法制の整備と EU 基準との整合性の調整に腐心している。環境保護にかかわるウクライナの法制度とウクライナ政府のアクションについて、添付資料として「ウクライナのエコロジー法 概観」にて説明した。

1991 年に独立国家へ移行してのち、ウクライナにおける環境保護に責任を負うウクライナ環境・天然資源省は、チェルノブィリの後遺症の解決、気候変動枠組条約への加盟、国内諸都市の環境改善、水質保全、環境保全をめざす産業技術の開発など、活発な施策を実行している。また気候変動枠組条約に係る国際協力に関して副首相が主宰する省庁間委員会（Commission）が存在する。

ウクライナ環境・天然資源省は本プロジェクトのウクライナにおける実施に強い関心を寄せ、カウンターパートとしてウクライナ東部のハリコフ市にある同省傘下のウクライナ環境問題研究所を推薦した。ウクライナ環境問題研究所は 1971 年に全

ソ連邦水準の研究所として設立された由緒ある調査・研究機関で、今日に至るまで、



旧ソ連諸国においてもっとも優れた研究者を確保しており、ウクライナにおける環境問題の調査・研究のパートナーとして最適の機関である。

ウクライナ環境問題研究所及びハリコフ州政府は、GM 方式が家畜・家禽の排泄物などの有機性廃棄物のリサイクル事業にとって有効なプロセスであることに注目した。

GM 方式の導入可能性調査のため、ウクライナ環境問題研究所はハリコフ州、ノヴォ・ヴォドラーガ地区にある農工企業「オリホヴァートカ」社を選定した。この地域はウクライナの農業地帯の平均的な気候、土壌・地理条件を備えている。「オリホヴァートカ」社は穀物（コムギ、トウモロコシ、ジャガイモ、牧草等）生産のほか、肉牛、乳牛、ニワトリ、アヒル、ガチョウなどを飼養し、年間 3000 トンの家畜・家禽の排泄物を堆肥化等で処理している。

「オリホヴァートカ」社は、GM 方式により家畜・家禽の排泄物のほか、麦秆、敷藁、大量に産出する泥炭など有機物を処理することにより酸性土壌（非チェルノジーム、ポドゾル化土壌）の地力回復に顕著な効果を持つ有機物・石灰複合体を生産し、自家消費のほか商品化も行いたいとしている。添加物である生石灰はウクライナにおいて容易に入手可能である。

ウクライナ環境問題研究所は、「オリホヴァートカ」社における家畜・家禽の排泄物の分析を行い、さらに GM 方式による処理プロセスが適用可能であることを分析の結果確認した。

GM 方式に係る機械・設備はわが国から供与するが、製造ライセンスの供与が可能

である場合、ウクライナの機械製造業者に作らせることも検討に値する。ウクライナの機械製造業者に事業機会を与え、雇用拡大に結びつくことにウクライナ側は強い関心を寄せている。

GM 方式に係る機械・設備は運転原理が簡便で、専門知識を必要としないところに特徴がある。

当該対象地域において GM 方式の有効性、事業性が確認されれば、ウクライナ全土に敷衍することが容易である。またウクライナに隣接し、類似の気候条件、土壌・地理条件にある各国への敷衍も可能である。

ウクライナでは有機性廃棄物の嫌気性処理に関する研究実績が少なく、自力でバイオガスプラントの実用化に貢献できる水準にはない。当面は EU 諸国の無償援助による設備設置を通じて技術移転を試みる段階である。（巻末資料参照）

有機性廃棄物の処理に関連して、ウクライナ政府が 26 ある国内の都市下水処理場に出る汚泥の処理問題に遭遇して久しい。ウクライナでは日々大量に発生する都市下水の汚泥を処理場周辺の投棄場に放置しているが、これ以上投棄するスペースがない。GM 方式によるリサイクル資源化の可能性にも関心を寄せたが、都市下水に含まれる重金属の処理が課題であり、もとより下水処理プロセスの改良が優先されねばならない。

ウクライナにおける有機性廃棄物のリサイクル事業は日本の支援を必要としている。

旧ソ連邦時代の高い化学工業技術の水準を受け継ぎ、ウクライナでは環境問題に関する優れた専門家が研究所等にて調査・研究に携わるだけでなく、NGO を組織し、国際機関へのサービスを行ったり、資金援助を受けて独自の活動をしている。ウクライナ全土をカバーする環境保護団体は 12~15 団体あると言われる。これらの団体は、チェルノブィリの後遺症の解決、ウクライナの非核化、都市環境保全に係る市民運動などに携わっているが、ウクライナの農業、畜産業における有機性廃棄物の処理に関しては関心が低い。

特記すべきは、ウクライナ農業の壊滅的な現状を解決すべく地方の行政当局者が本プロジェクトを始めとする有機性廃棄物のリサイクル事業に強い関心を寄せている。

日本の技術支援、資金援助により GM 方式がウクライナの有畜農家、特に農工企業に導入され、ウクライナ農業・畜産業の再興に寄与することが大いに期待されている。