平成 19 年度環境省委託事業

平成 19 年度ＣＤＭ／ＪＩ事業調査

ブラジル・リオグランデドスル州における
養豚場バイオガス有効利用事業調査
（概要版）
報告書

平成 20 年 3 月

株式会社　日本総合研究所

目　次

第 1 章　ホスト国ブラジルの概要 1

1.1　一般事項 1
1.2　畜産業 1
1.3　ブラジルにおけるCDM事業 1
1.4　ブラジルの養豚業の現状 2

第 2 章　プロジェクトの内容 3

2.1　事業概要 3
2.2　プロジェクトの目的 3
2.3　プロジェクトの実施体制 3
2.4　プロジェクト実施サイトの概要 3
2.5　プロジェクトの概要 4
2.6　ベースライン方法論の設定 4
2.7　ベースラインシナリオ 5
2.8　プロジェクト実施によるGHG削減量 5
2.9　モニタリング 6
2.10　環境影響分析・地域への貢献 6
2.11　利害関係者のコメント 7
(1)　サンタカタリーナ州の養豚場 7
(2)　リオグランデドスル州の養豚場 7

第 3 章　経済性の検討 8

3.1　資金計画 8
3.2　経済性分析の前提条件 8
3.3　CER価格による感度分析 8

第 4 章　事業化に向けた課題 10

第1章　ホスト国ブラジルの概要

1.1　一般事項

ブラジルは26の州と1つの連邦区（首都ブラジリア）により構成される連邦共和国である。総人口1億8,677万人（2006年）の南米の大国である。インフレによる停滞期もあったが、現在はGDPも世界のトップテンに入り、成長著しい経済大国である。

1.2　畜産業

ブラジルは世界有数の家畜生産国かつ輸出国でもある。畜産業は、国内およびアジアを中心とする海外における食肉需要の高まりや生産・経営技術の向上、廉価な飼料などに支えられて生産量、輸出量ともに急激に増加させている。畜産業は食肉の生産にとどまらず、加工産業や皮革産業などの周辺産業にも波及し、多くの雇用を生み出している。特に、ブロイラー鶏肉産業は最も著しい成長を遂げた畜産分野である。1970年代から生産量は11倍、輸出量は25倍にまで急増しており、世界総生産量の15%を占めるに至った。

図表1　ブラジルの主要畜産物の生産量

年		1992	1997	2001	2005
牛肉	生産量	5,069	6,444	6,996	7,817
豚肉	生産量	1,190	1,540	2,730	2,708
鶏肉	生産量	2,727	4,461	6,736	9,297

（単位）千トン

1.3　ブラジルにおけるCDM事業

ブラジル国内における CDM の事業承認を担当する国家指定期間（DNA: Designated National Authority）は、気候変動に関する省庁間気候変動委員会（CIMGC: Interministerial Commission on Global Climate Change）であり、科学技術省を委員長とする省庁から構成されている。

ブラジルのCDM プロジェクト承認に関する特徴は、ブラジルの社会問題への配慮をふまえた経済成長への貢献度を重視するということにある。例えば、PDD（プロジェクト設計書：Project Design Document） には、当該プロジェクトの雇用貢献度や利益配分、それに技術発展への寄与が承認の条件として盛り込まれている。また、プロジェクトの第三者認定を行う指定運営組織（DOE：Designated Operational Entity） はブラジル国内に事務所を設置していることも条件としている。

ブラジルでは2008年1月半ば時点で115のCDM事業が登録されており、その削減総量は1,750万[t-CO_2/年]になる。登録審査待ちのプロジェクトや有効化審査段階にあるプロジェクト、現在発掘中のものも含めるとその数はさらに多くなる。一方で、国連登録済みの案件のうち、日本が投資国であるものは20件にとどまっている。

またブラジルでは2008年1月半ば時点で117のCDM事業が有効化審査段階にあり、既にCDM理事会により登録されているプロジェクト数と同程度のパイプラインが存在することになる。年

間の削減量が100万トンを越すような大規模プロジェクトはみられず、数万トン程度の小規模CDM案件が増加している。さらに、投資国が存在しないユニラテラルCDMプロジェクトも数多く有効化審査段階にあることも特徴である。

1.4　ブラジルの養豚業の現状

ブラジルは世界的な豚肉の生産国であり、消費国でもある。ブラジルの豚肉生産量は2007年には288万トン（見込み）であった。輸出向けの豚肉の伸びが非常に大きく、ブラジルの養豚業界は輸出主導で成長を続けている。

南部、南東部、中西部が主要な養豚地域であり、この地域に大半の養豚場が集まっている。これらの地域では養豚業者は地域の生産者組織あるいは州の生産者組織に所属しており、これらの生産者組織はよく組織化され、強力な結束を持っている。

一方、ブラジルでは2006年に口蹄疫が発生し、ブラジル国内に広まったため、世界各国ではブラジル産食肉に対する輸入制限を敷いた。特に、ブラジルの豚肉の最大の輸出先であるロシアがブラジルからの輸入豚肉の流通管理を厳格化したこともあり、ロシア向けの輸出量が大幅に減少した。このように口蹄疫は食肉輸出に大きな損害をもたらしたが、ワクチン接種や衛生管理が浸透するなでの効果ももたらした。

図表2　世界の主要豚肉生産国の生産量[1]

	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年（見通し）
中国	45,186	47,016	50,106	52,261	54,352
EU25	21,150	21,192	21,101	21,400	21,450
米国	9,056	9,312	9,392	9,559	9,795
ブラジル	**2,560**	**2,600**	**2,710**	**2,830**	**2,930**
ロシア	1,710	1,725	1,735	1,805	2,000
カナダ	1,882	1,936	1,914	1,870	1,810
その他	8,944	9,020	9,178	9,291	9,530
合計	90,488	92,801	96,136	99,016	101,867

（単位：千トン）

[1] USDAウェブサイト

第2章　プロジェクトの内容

2.1　事業概要

リオグランデドスル州に位置する 1 養豚場とサンタカタリーナ州に位置する 8 養豚場の合計 9 つのサイトで発生するバイオガスを回収・有効利用するシステムの導入を検討する。各養豚場には、回収したバイオガスを燃焼させるための焼却装置を設置する。これにより、CO_2の 21 倍の温室効果を持つメタンガスの排出量を削減し、ブラジルおよび地域の持続的発展に貢献する。

2.2　プロジェクトの目的

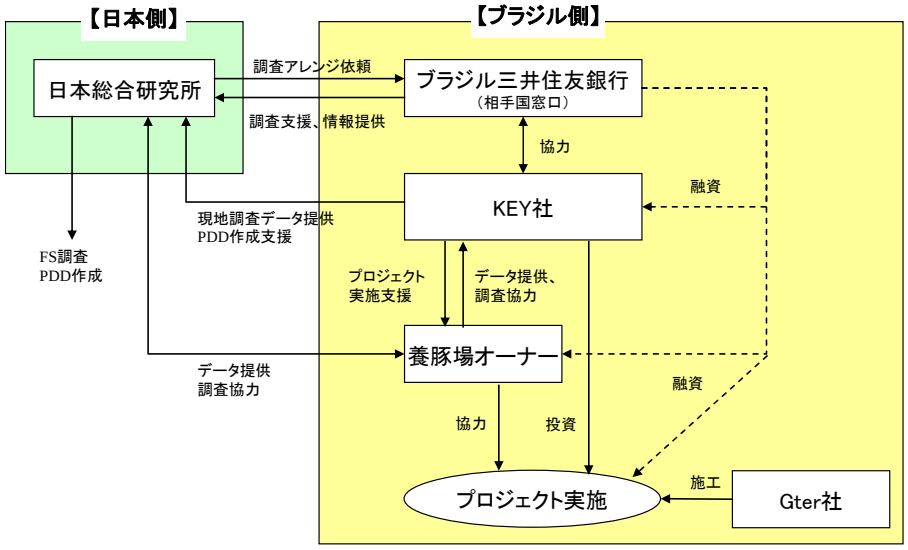
本プロジェクトを通じて、ホスト国の持続可能な発展に貢献することを目的とする。具体的な環境改善ポイントは次のとおりである。

- 養豚場における使用燃料の一部を再生可能エネルギーへと転換することで、温室効果ガスの削減が可能である。
- オープンラグーンからの浸出水による土壌汚染や水質汚染を低減し、地域環境の改善に寄与する。
- メタン発酵による残渣を肥料として活用できるため、ホスト国における化学肥料の使用量を削減することができる。
- メタン発酵や発電施設の建設・維持・管理のための新たな雇用を創出する。

2.3　プロジェクトの実施体制

本プロジェクトの実施体制は図表 3 のとおりである。

図表 3　本プロジェクトの実施体制



2.4　プロジェクト実施サイトの概要

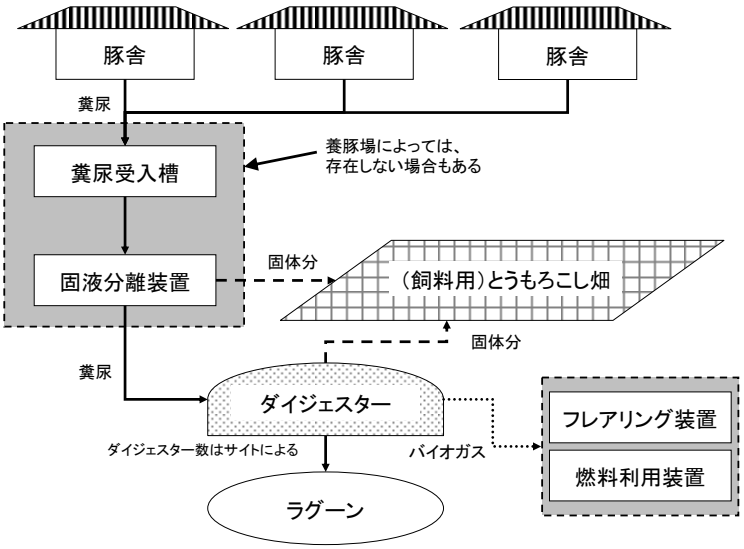
本プロジェクトは、ブラジル南部に位置し、ブラジルの養豚業の中心地であるリオグランデドスル州とサンタカタリーナ州において実施する。養豚場は両州の複数市に点在している。

2.5　プロジェクトの概要

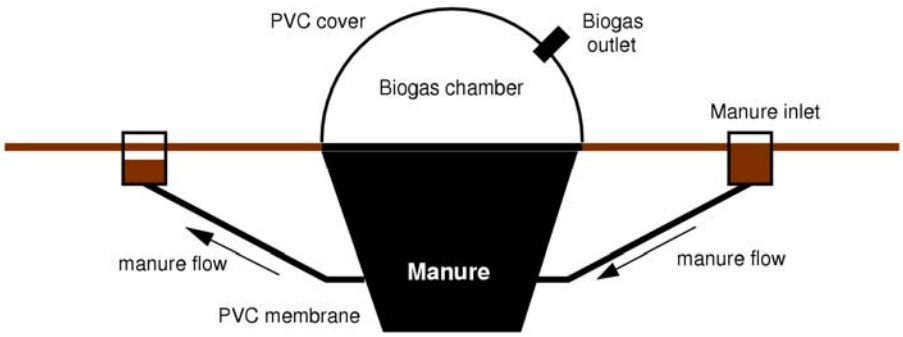
プロジェクト実施予定地の養豚場では、排出される糞尿を集め固液分離した後、オープンラグーンで自然蒸発処理される。残渣の固体分は飼料用のとうもろこし畑の肥料として利用している。嫌気性状況下にあるオープンラグーンではメタンガスが発生している。また、オープンラグーンからの浸出水が周辺の河川や地下水へと流出し、環境汚染を引き起こす危険がある。

そこで、本プロジェクトにおいては、(オープンラグーンをビニル製シートで覆った) バイオダイジェスターを設置し、大気中に放出することなくメタン発酵を行う。また、発生したメタンガスは回収し、フレア燃焼する。プロジェクトの実施主体は、ブラジルの CDM ディベロッパーである KEY 社であり、リオグランデドスル州の１養豚場とサンタカタリーナ州の８養豚場が参加する。

図表４　プロジェクトの全体像



図表５　バイオダイジェスターの全体像



2.6　ベースライン方法論の設定

養豚場糞尿ラグーンから発生するメタンガスの回収に関するベースライン方法論については、

AM0006、AM0016 に基づいて作られた承認統合方法論 ACM0010 が用意されている。本プロジェクトは年間の排出削減量が 6 万トン以下であるため、ACM0010 をベースに作られている小規模方法論 AMSⅢ.D.を利用する。本小規模方法論を適用するためには以下の適用条件に合致している必要がある。なお、本プロジェクトの全ての養豚場は、下記の前提条件および適用条件を満たしている。

【前提条件】

当該方法論は、嫌気性条件下において糞尿もしくは農業廃棄物が分解し発生するメタンを回収・破壊するプロジェクトに適用される。その際、次の 2 点を満たす必要がある。

a) 発生するメタンガスの回収装置と回収したガスの燃焼施設を設置する

b) メタンガスの回収・破壊システムを伴った制御された嫌気性発酵を実施するため、糞尿もしくは農業廃棄物の管理習慣を変更する必要がある

【適用条件】

a) 汚泥は好気性で処理される必要がある。汚泥を肥料として利用する場合には、適切な条件下で適切な処理が実施されなければならない。

b) ダイジェスターによって発生した全てメタンガスは何らかの技術的な手段(フレア燃焼や燃焼) によって処理されなければならない。

2.7 ベースラインシナリオ

小規模方法論 AMSⅢ.D.では追加性の証明が承認統合方法論 ACM0010 に比べて簡略化されているが、本調査では承認統合方法論 ACM0010 の方法に従って、次の 4 つのステップにより決定した。

【ステップ 1】: 提案する CDM プロジェクト活動の代替シナリオの同定

ブラジルで一般的に利用されている「嫌気性ラグーン」と、ほとんど採用されていないものの先進的な「嫌気性ダイジェスター」の 2 つの方法が、考えうる代替シナリオである。

【ステップ 2】: 障壁分析

嫌気性ダイジェスターは、高額な投資が必要であり、かつ詳細なモニタリングや装置のメンテナンスの実施などが求められる。一方で、嫌気性ラグーンは単純で安価な技術であり、運転・メンテナンスともに容易である。投資障壁、技術障壁の両面から嫌気性ラグーンをベースラインシナリオに設定すべきである。

【ステップ 3】: 投資分析

嫌気性ラグーン、嫌気性バイオダイジェスターシステムともに収益を得ることのできないシステムであるため投資分析は割愛した。

【ステップ 4】: クレジット期間の更新によるベースラインの改定

本プロジェクトのクレジット期間は 10 年に固定するため、ステップ 4 は必要ない。

2.8 プロジェクト実施による GHG 削減量

AMSⅢ.D.における GHG 削減量は、ベースラインシナリオにおける排出量から、プロジェクトケ

ースによる排出量とプロジェクト活動におけるリーケージ排出量を引いて算出する。ただし、収集できるデータの都合から、PDD 作成段階では IPCC の計算式とパラメータを設定して排出削減推定量を算出する。また、事業実施後モニタリングデータが整備されると、それらのデータを利用してプロジェクトシステム導入に伴い削減される GHG 削減計算量を算出する。

最終的に発行されるクレジット（CER）量は、両者の小さいほうの値となる。(モニタリング結果によって排出削減計算量が排出削減推定量よりも大きかったとしても、CDM 理事会によって認められる排出削減量は事前に PDD で示した排出削減推定量を上限とする。)

図表 6 にベースライン排出量、プロジェクト排出量、リーケージ排出量および、排出削減推定量をまとめて示した。排出削減推定量は 28,516 [t-CO_2e/年]と推計され、2012 年までのクレジット期間の合計は、141,772 [t-CO_2e]である。

図表 6　排出削減推定量

	ベースライン	プロジェクト	リーケージ	排出削減推定量
	t-CO_2e	t-CO_2e	t-CO_2e	t-CO_2e
年間	28,516	162	0	28,354
ｸﾚｼﾞｯﾄ期間 (2008～12 年) 合計	142,581	809	0	141,772
10 年間合計	285,163	1,618	0	283,544

2.9　モニタリング

モニタリング項目は図表 7 のとおりである。

図表 7　モニタリング項目

項目	頻度	注意事項
C_{CH4}	月	バイオガス中のメタンガスの割合。固定されたガス分析器で計測する。ガス分析器は適切に維持管理する。
N_{LT}	月	豚の平均頭数。豚種ごとに増減を管理する。直接計数した頭数と間接的なデータ（例：出荷数、飼料購入記録など）とが一貫性を有していなければならない。
$W_{i,site}$	月	豚の平均体重。豚種ごとに平均体重を計数する。
FE	月	フレアリング効率。固定されたガス分析器で計測する。ガス分析器は適切に維持管理する。
Vf	週	バイオガス流量。二つのガス流量計で測定する。測定箇所は、嫌気性ダイジェスターの出口部分と、ガス燃焼チャンバーの入り口部分。流量計は工業規格に従い適切に維持管理・調整を行う。
NEF	月	系統の排出係数。
SRC	適宜	汚泥の搬出回数。
$Elec_y$	月	系統からの購入電力量。

2.10 環境影響分析・地域への貢献

本プロジェクトの実施に伴い、河川や地下水の汚染の危険性を軽減することが出来る。また、バイオダイジェスターの設置技術およびバイオガスの回収・利用技術は、これまでにブラジル国

内の CDM 事業により採用実績のある技術であるが、未だブラジルの養豚場において広く普及していない。本プロジェクトを通じて、環境配慮型の本技術の効果が認知され、ブラジル国内で自主的に採用する動きがでることが期待される。さらに、衛生的な糞尿処理の実現により、家畜伝染病のリスクを軽減することにも寄与する。

2.11 利害関係者のコメント

本プロジェクトの利害関係者としては、DNA 等のブラジル政府、地方自治体、養豚場オーナー、地域住民があげられる。本調査では事前有効化審査（pre-Validation）まで実施するが、本報告書作成時点では審査途中である。したがって、正式な利害関係者のコメント収集は行っていない。そこで、本報告書においては現地出張時のヒアリング結果をまとめたものを記載する。

(1) サンタカタリーナ州の養豚場

CDM プロジェクトに参加した理由は、持続可能な発展への寄与と、CER 売却に伴うクレジット収入、環境整備による伝染病予防、環境規制対策、などである。

CDM プロジェクトを実施しようにも、追加的な資金と技術的なサポートが必要で、自分たちだけで賄うことは現実的ではなく、今回の協業に期待している。ブラジル養豚業は非常に活況で、どの養豚場でも事業の拡大を検討している。そのような状況の中で、伝染病などが生じると大打撃を受けることになり、大きなリスクであると考えている。当該養豚場では、養豚場敷地に入る際には自動車や靴などの消毒、洗浄を徹底しており、また養豚場の周囲を植林することで外部との接触をできるだけ回避するように努めている。

今回の CDM プロジェクトでは CER の売却により得られる収入も魅力的であるが、それ以上に糞尿の適切な処理を実施して伝染病の発生を未然に防ぐことが出来る点に期待している。

なお、CDM プロジェクトにより得られたバイオガスは、幼豚舎の暖房用の燃料として利用することを想定している。

(2) リオグランデドスル州の養豚場

本プロジェクトに参加した理由は、CER 売却による収入と環境対応である。同州では、環境局の環境規制は年々厳しくなっており、さまざまな対応が必要となっている。養豚業の経営環境を勘案すると、嫌気性ラグーンを用いた処理方法が近い将来に禁止され、バイオダイジェスターの導入が義務化されることはないだろう。しかし、中長期的にはそのような流れになるのではないか。当該養豚場においても、糞尿処理の適正化には興味があるが、技術・ノウハウを有しておらず、第三者の協力が必要であった。今回のプロジェクトへの参加を通じて、中長期的な環境対策の備えとしたい。

第3章　経済性の検討

3.1　資金計画

本プロジェクトにおける初期投資に必要な設備費及び工事費に関しては、SMB をはじめとした金融機関、政府系金融機関、地元金融機関からの融資によって調達が見込まれている。

3.2　経済性分析の前提条件

本プロジェクトの事業性を検討するに当たり、次のような前提条件を設定した。これらはBSMBおよび、現地の環境コンサルティング会社（KEY 社）、エンジニアリング会社（Gter 社）からの情報に基づいたものである。

図表 8　各種設定条件

項目	設定条件
為替レート	1US$ = 1.84Rs（レアル）
減価償却	残存簿価 10%、償却期間 10 年（定額法）
法人税	34%（利益が 240,000Rs 以下は 25%）
金利	7%
イニシャルコスト	9 サイト合計　約 US$ 110 万
ランニングコスト	9 サイト合計　約 US$ 3.5 万
CDM 化費用	ベリフィケーション費用：年間 US$5,000 アダプテーションフィー： 年間US$ 0.1/CER（～15,000t-CO_2e）、US$0.2/CER（15,000t-$CO_2$e～）
CER 販売価格	US$ 20.0/t-CO_2

3.3　CER 価格による感度分析

本プロジェクトの収入は CER の販売によるものであることから、その価格が変化した場合の影響は極めて大きい。CER の価格は需要と供給のバランスから決定されるため、状況によっては大きく変動することも考えられる。

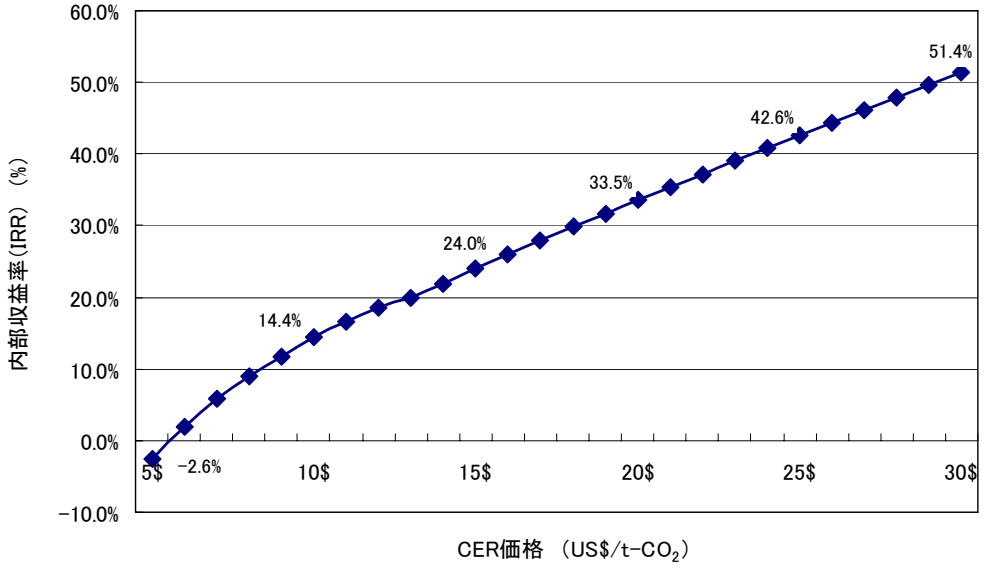
ブラジルのCDMの状況を勘案してUS$20/t-$CO_2$と設定した。本プロジェクトの収入はCERの販売に依存しており、CERの価格変動が大きなリスク要因となることから、販売価格が変化した場合の経済性に与える影響を把握するために、感度分析を行うこととする。感度分析の結果は図表 9、10 のとおりである。

これより、前提として設定した CER 価格（US$20）においては、IRR が 33.5%となり、投資の対象としては適格であることが分かった。一方、ブラジルの名目利率（年 11.25%）と比較すると、投資対象とするには少なくとも US$12 程度の CER 価格が望まれる。

図表 9　CER 価格による感度分析結果①

CER 販売価格 [US$/t-$CO_2$]	IRR [%]	NPV [US$]
5$/t-$CO_2$	-2.6%	671,098
6$/t-$CO_2$	2.0%	864,144
7$/t-$CO_2$	5.8%	1,046,042
8$/t-$CO_2$	9.0%	1,208,960
9$/t-$CO_2$	11.7%	1,357,287
10$/t-$CO_2$	14.4%	1,505,614
11$/t-$CO_2$	16.6%	1,630,657
12$/t-$CO_2$	18.5%	1,735,422
13$/t-$CO_2$	19.9%	1,833,161
14$/t-$CO_2$	22.0%	1,961,971
15$/t-$CO_2$	24.0%	2,090,781
16$/t-$CO_2$	25.9%	2,219,592
17$/t-$CO_2$	27.9%	2,348,402
18$/t-$CO_2$	29.8%	2,477,212
19$/t-$CO_2$	31.7%	2,606,022
20$/t-$CO_2$	33.5%	2,734,832
21$/t-$CO_2$	35.4%	2,863,642
22$/t-$CO_2$	37.2%	2,992,452
23$/t-$CO_2$	39.0%	3,121,262
24$/t-$CO_2$	40.8%	3,250,072
25$/t-CO2	42.6%	3,378,882
26$/t-CO2	44.4%	3,507,692
27$/t-CO2	46.1%	3,636,502
28$/t-CO2	47.9%	3,765,312
29$/t-CO2	49.6%	3,894,122
30$/t-CO2	51.4%	4,022,932

図表 10　CER 価格による感度分析結果②



第4章　事業化に向けた課題

本プロジェクトには、様々な事業リスクが存在する。事業リスクの検討にあたっては、①顕在化する可能性が大きいもの、②顕在化した際に影響が大きいもの、の 2 つの軸で整理した。現時点では重要度の大きいものから順に、CDM プロジェクト化リスク、CER 価格リスク、技術リスク、金利リスク、カントリーリスク、マクロ経済環境の影響によるリスク、自然災害のリスク、のリスクを想定している。本事業の実施に向けて、これらのリスクを可能な限り回避するように心がける。主なリスクの詳細については、以下の通りである。

＜CDM プロジェクト化リスク＞

養豚場バイオガス有効利用に適用できる方法論 ACM0010 は 3 回の改訂が、小規模方法論 AMSⅢ.D. は 13 回の改訂がなされている。方法論の改訂がなされるたびに、PDD の書き換えや得られる CER 量が減少するなどの影響が生じる。したがって、養豚場オーナーとの協議を迅速に進め、PDD 作成から国連登録までを迅速に行う事が重要である。

＜CER 価格リスク＞

現在、ブラジルにおける CER 価格は比較的高い水準を保っている。しかし、本プロジェクトでは CER の販売収入が唯一の収入であるため、CER 価格リスクは事業への影響が大きい。当社および SMBC のネットワークにより早期に買手企業と ERPA を結ぶなどして CER 価格の下落リスクを低減する取組みを進める予定である。

＜技術リスク＞

これまでに国連登録されてきた同種のプロジェクトにおいて、獲得できた CER 量が PDD にて見積もった CER 量と比較して少ないことが指摘されている。これは施工方法の不備によってダイジェスター内のメタンガスが大気中に放出されてしまったことと、ダイジェスター内に発酵されずに沈殿してしまう有機分が大量に存在するためである。そこで、本プロジェクトではカバー破れの対策を施すとともに、ダイジェスター内に攪拌機を設置し、発酵効率を高める工夫を行う。