

(S2-10) 土壤汚染調査・対策における L C C O₂ の算出とその特性

大村啓介¹・川浪聖志¹・九石優¹・星野隆行¹・土壤環境センター C O₂ 排出量検討部会¹
¹土壤環境センター

1. はじめに

現在、さまざまな地球環境問題が顕在化してきており、特に地球温暖化対策に対しては 1992 年の「環境と開発に関する国際連合会議（地球サミット）」で気候変動枠組条約が採択されて以来、定期的に「気候変動枠組条約締約国会議」が開催されているなど、世界各国が関心を寄せている。日本においても「京都議定書目標達成計画」が決定され、「エネルギー使用の合理化に関する法律（省エネ法）」や「地球温暖化対策の推進に関する法律（温対法）」などの法律が制定される等、国が積極的に温暖化対策を進めている。そのような状況の中、土壤・地下水汚染対策においても温暖化の主な原因物質である CO₂ 削減に取り組むことが望ましい。そこで筆者らは、CO₂ 排出量の見える化を目指し、2008 年 12 月より『土壤汚染調査・対策における CO₂ 排出量の把握』をテーマとして検討を行い、ライフサイクルアセスメント（LCA：Life Cycle Assessment）の考えに準拠したライフサイクル CO₂（LCCO₂）の算出方法を提案している¹⁾。本報告では、その算出方法に基づき、数種の土壤・地下水汚染対策の LCCO₂ の算出を試みたので報告する。

2. LCCO₂ 算出方法

2.1 算出方法の概要

LCA の構成・要素・手順を規定している ISO14040 規格に準拠して LCCO₂ の算出方法をまとめた。LCCO₂ 排出量を算定するにあたっては、図-2.1 に示す 6 つの段階に大きく分けて考える。

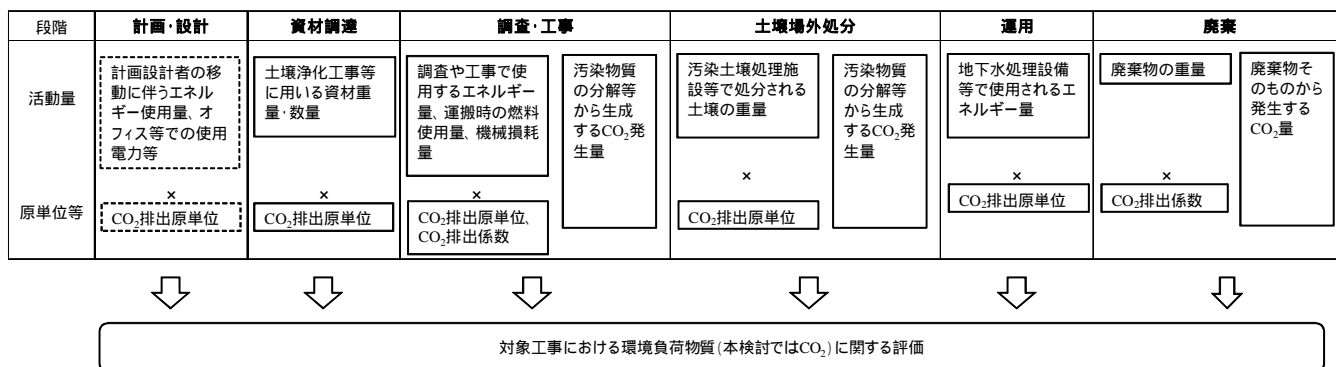


図-2.1 CO₂ 排出量に関する評価概念図

CO₂ 排出量は対象とする LCA 調査範囲内における各プロセスでの活動量に CO₂ 排出量原単位を乗じたものを足し合わせることで算定する。

$$\text{CO}_2 \text{ 排出量} = (\text{活動量} \times \text{CO}_2 \text{ 排出量原単位})$$

活動量とは各段階での各プロセス（工程）における機械の種類・稼働時間・運搬距離、投入する資材の量・使用時間等の数量を意味する。この活動量の算出には以下の資料等を用いる。

- 「全国標準積算資料（土質調査・地質調査）」
- 「環境測定分析業務積算資料」
- 「土木工事積算基準」
- 各工法標準歩掛
- 各社が独自に把握している歩掛

2.2 データベース

各種団体での研究成果として、CO₂ 排出量原単位のデータベースが作成されている。それらの中から以下の原単位データベースを本検討でのデータベースとして使用した。

(社)日本建築学会 LCA 指針小委員会による CO₂ 排出原単位²⁾

LCA システム MiLCA ver.1.0 の LCI データベース IDEA ver.1.0 ((社)産業環境管理協会)³⁾

LCA 日本フォーラムの LCA データベース⁴⁾

米国「Site Wise」における原単位⁵⁾

また、上記データベースに記載されていない、土壌・地下水汚染対策にかかわる特殊な資材および分析の CO₂ 排出原単位は、当部会が独自に調査し値を設定した。

2.3 調査対象の機能

調査・対策の一連のサービスを機能として考え、「汚染された土壌・地下水を土壌汚染対策法の“汚染状態に関する基準”に適合させる」ことを機能とした。

3. 計算条件

現場の状況を踏まえた上で、汚染状況や土質条件を模式化したサイトモデルを設定した。計算の前提条件としては、標準的な工法で対策が行われると仮定し、工期は全て一年以内になる様に施工機械の数を調整した。

3.1 モデル

図-3.1 に示す、重金属(砒素)の土壌溶出量基準不適合(第二溶出量基準適合)による土壌汚染を想定した。

3.2 工法

対象とする工法は、表-3.1 に示す 5 工法について LCCO₂ 計算を行った。

表-3.1 対象工法

	工法名
a	封じ込め (鋼矢板+アスファルト舗装)
b	封じ込め (SMW+アスファルト舗装)
c	掘削・オンサイト不溶化処理
d	掘削・場外搬出+洗浄プラント処理
e	掘削・場外搬出+セメント工場処理

3.3 条件

敷地規模、汚染範囲、資材・機械・土壌運搬距離を変化させた 4 条件(表-3.2)にて LCCO₂ を算出した。

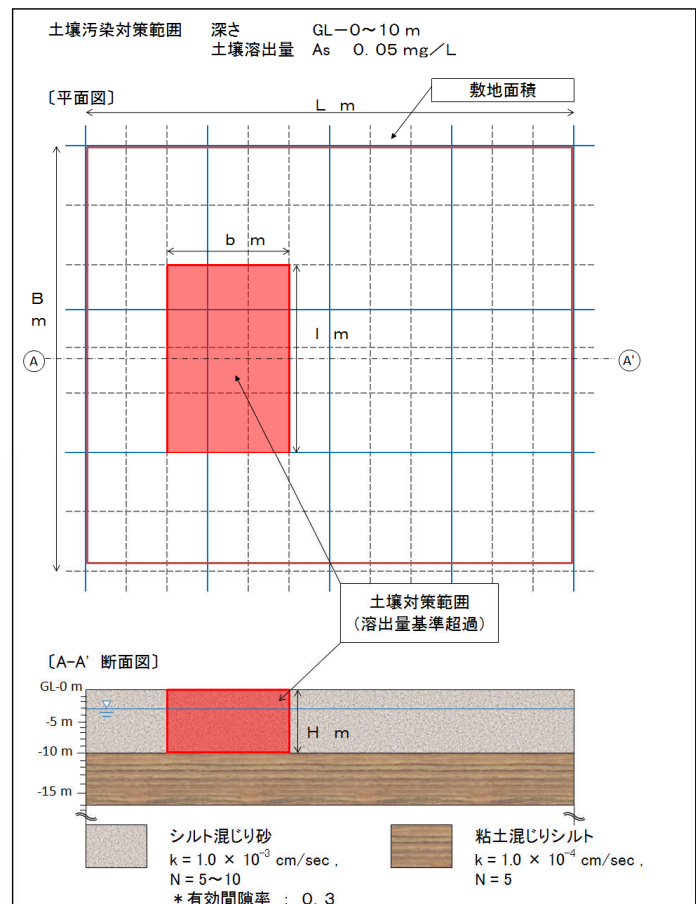


図-3.1 想定モデル

表-3.2 計算条件

	敷地			汚染範囲				運搬距離 D (km)
	長さ L (m)	幅 B (m)	面積 (m ²)	長さ l (m)	幅 b (m)	面積 (m ²)	深さ H (m)	
1	120	80	9,600	40	30	1,200	10	20
2	120	800	96,000	40	300	12,000	10	20
3	1,200	800	960,000	400	300	120,000	10	20
4	120	80	9,600	40	30	1,200	10	200

4. 計算結果

LCCO₂ 計算結果を表-4.1 に示し、図-4.1 ~ 4.3 には各条件での LCCO₂ 構成比を示した。「計画・設計」は、主に人の手による部分で、CO₂ 排出量原単位が未整備である為、算出からは除外した。また、今回対象とした工法では、設備・装置の長期稼働がない為、「運用」段階はゼロとなる。「廃棄物」についても大量に発生する項目がない為、ゼロとしている。

表-4.1 LCCO₂ 算出結果

条件	工法	単位	計画・設計	資材調達	調査・工事			土壌 場外処分	運用	廃棄	合計
					運搬	調査	対策工事				
1	封じ込め (鋼矢板+アスファルト舗装)	t-CO ₂	-	388	5	6	65	1	0	0	464
		%	-	84	1	1	14	0	0	0	100
	封じ込め (SMW+アスファルト舗装)	t-CO ₂	-	337	10	6	161	1	0	0	515
		%	-	65	2	1	31	0	0	0	100
	掘削・オンサイト 不溶化処理	t-CO ₂	-	85	101	6	285	1	0	0	478
		%	-	18	21	1	60	0	0	0	100
	掘削・場外搬出 洗浄プラント処理	t-CO ₂	-	316	406	6	227	119	0	0	1,074
		%	-	29	38	1	21	11	0	0	100
	掘削・場外搬出 セメント工場処理	t-CO ₂	-	289	386	6	229	478	0	0	1,388
		%	-	21	28	0	17	34	0	0	100
2	封じ込め (鋼矢板+アスファルト舗装)	t-CO ₂	-	1,976	28	58	320	5	0	0	2,387
		%	-	83	1	2	13	0	0	0	100
	封じ込め (SMW+アスファルト舗装)	t-CO ₂	-	1,727	49	58	775	5	0	0	2,614
		%	-	66	2	2	30	0	0	0	100
	掘削・オンサイト 不溶化処理	t-CO ₂	-	657	663	58	2,309	5	0	0	3,693
		%	-	18	18	2	63	0	0	0	100
	掘削・場外搬出 洗浄プラント処理	t-CO ₂	-	3,115	3,534	62	1,751	650	0	0	9,112
		%	-	34	39	1	19	7	0	0	100
	掘削・場外搬出 セメント工場処理	t-CO ₂	-	2,842	3,514	58	1,754	4,779	0	0	12,948
		%	-	22	27	0	14	37	0	0	100
3	封じ込め (鋼矢板+アスファルト舗装)	t-CO ₂	-	5,494	199	582	753	51	0	0	7,081
		%	-	78	3	8	11	1	0	0	100
	封じ込め (SMW+アスファルト舗装)	t-CO ₂	-	4,982	241	582	1,686	51	0	0	7,544
		%	-	66	3	8	22	1	0	0	100
	掘削・オンサイト 不溶化処理	t-CO ₂	-	6,465	4,336	582	23,344	51	0	0	34,779
		%	-	19	12	2	67	0	0	0	100
	掘削・場外搬出 洗浄プラント処理	t-CO ₂	-	31,208	32,900	619	17,798	5,959	0	0	88,485
		%	-	35	37	1	20	7	0	0	100
	掘削・場外搬出 セメント工場処理	t-CO ₂	-	28,464	32,880	582	17,802	47,787	0	0	127,516
		%	-	22	26	0	14	37	0	0	100
4	封じ込め (鋼矢板+アスファルト舗装)	t-CO ₂	-	389	49	6	65	1	0	0	509
		%	-	76	10	1	13	0	0	0	100
	封じ込め (SMW+アスファルト舗装)	t-CO ₂	-	338	60	6	161	1	0	0	566
		%	-	60	11	1	29	0	0	0	100
	掘削・オンサイト 不溶化処理	t-CO ₂	-	85	205	6	286	1	0	0	583
		%	-	15	35	1	49	0	0	0	100
	掘削・場外搬出 洗浄プラント処理	t-CO ₂	-	321	1,530	6	228	119	0	0	2,204
		%	-	15	69	0	10	5	0	0	100
	掘削・場外搬出 セメント工場処理	t-CO ₂	-	289	1,448	6	231	478	0	0	2,452
		%	-	12	59	0	9	19	0	0	100

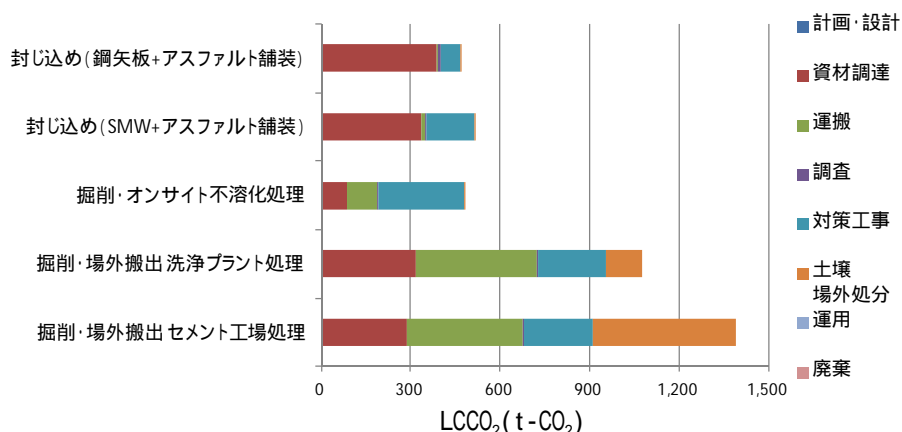


図-4.1 条件1での各工法のLCCO₂構成比

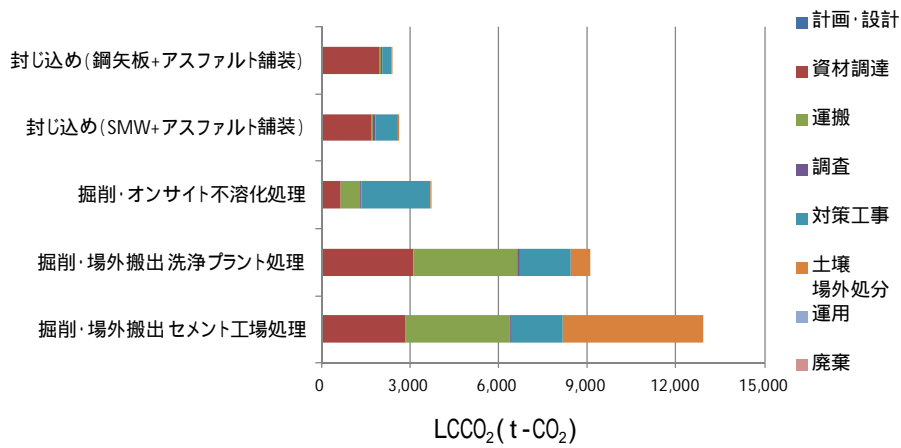


図-4.2 条件2での各工法のLCCO₂構成比

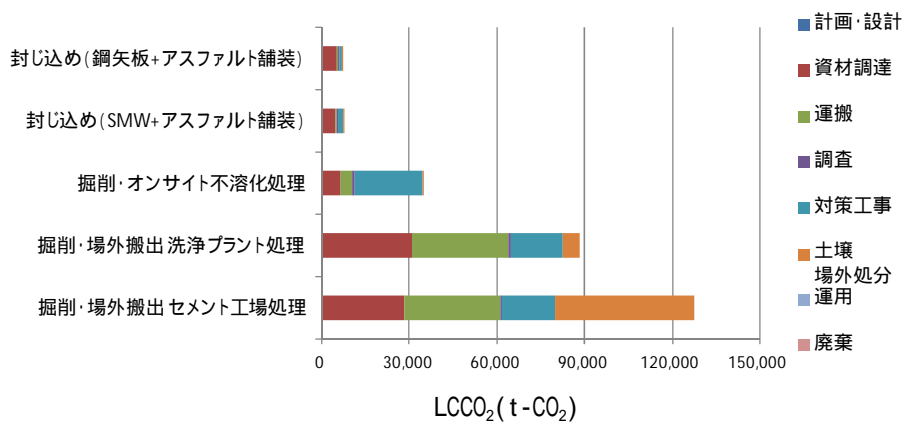


図-4.3 条件3での各工法のLCCO₂構成比

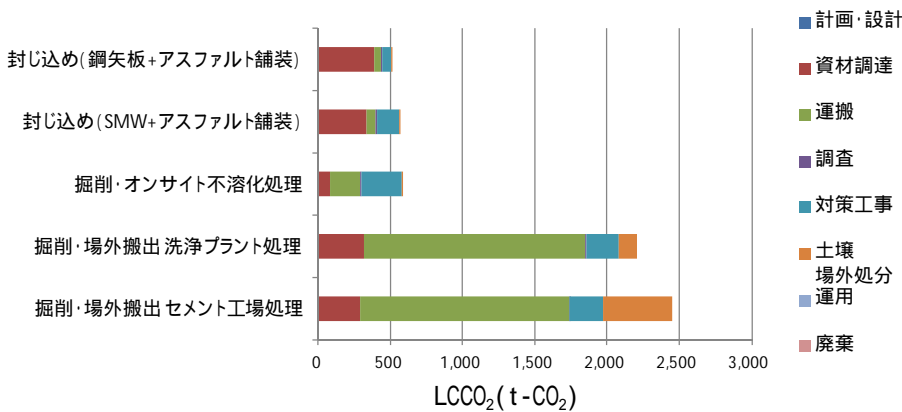


図-4.4 条件4での各工法のLCCO₂構成比

5. 考察

5.1 各工法の特徴

「封じ込め」は、「資材調達」の占める割合が大きく、鋼矢板やSMWの材料に由来する排出量と考えられる。鋼矢板は「資材調達」でCO₂発生量がSMWよりやや大きく、SMWは工事部分でCO₂発生量が鋼矢板よりも大きい。

「掘削・オンサイト不溶化処理」は、「対策工事」での CO₂ 排出量が大きく、土留、土工事、薬剤混合での機械施工により排出される。

「掘削・場外搬出」は、「運搬」で多くの CO₂ を排出しており、土壌の運搬に係る部分が多い。

「掘削・オンサイト不溶化処理」と「掘削・場外搬出」の「資材調達」での差は、不溶化剤と埋戻し土壌の原料としての CO₂ 排出量の違いである。

5.2 条件の違い

条件 1、条件 2、条件 3 と汚染対策範囲が広がると、「封じ込め」は「掘削・場外搬出」の差は大きくなる。汚染範囲が広がる条件 2、条件 3 では「封じ込め」より「不溶化処理」の方が LCCO₂ が大きくなる。図-5.1 に処理対象面積と処理対象面積当たり LCCO₂ の関係を示す。「掘削・オンサイト不溶化処理」、「掘削・場外搬出」は対策ボリュームが大きくなっても単位面積あたり LCCO₂ の低減は限られている。一方で、「封じ込め」は対策ボリュームが大きくなればなるほど、単位面積あたり LCCO₂ は大きく低下する傾向にある。大規模の要措置サイトでは「封じ込め」が LCCO₂ 低減のためには有効と考えられる。

条件 1 と条件 4 を比較すると、「封じ込め」「掘削・オンサイト不溶化処理」は運搬距離が増えても LCCO₂ は劇的には増えないが、「掘削・場外搬出」は、運搬距離が長くなると LCCO₂ が大きく増える。よって場外処分する際には、できるだけ運搬距離の短くなる処分場を選択することで CO₂ 排出量を抑えることができる。

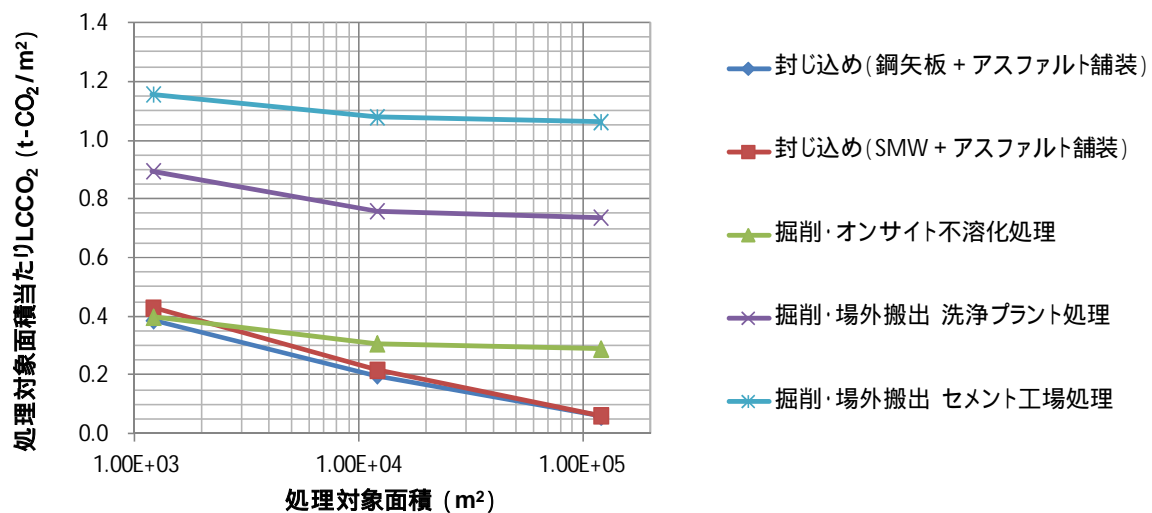


図-5.1 処理対象面積による LCCO₂ の変化

6. おわりに

LCCO₂ を算出し、土壌・地下水汚染対策の地球温暖化への影響を定量的に評価できた。また対策の各段階での排出量を把握することにより、影響の大きい項目を明らかにすることもでき、環境負荷に配慮した対策の立案に利用できる。

なお、今回の結果は、設定した条件での LCCO₂ であり、汚染深度が深くなるなど異なる条件のときはあらためて計算を行う必要がある。今後は、他の汚染物質、汚染条件、工法についても検証を行う予定である。

参考文献

- 1) 土壌環境センターCO₂ 排出量検討部会：土壌汚染調査・対策における LCCO₂ 算出方法の提案, 第 17 回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会講演集, 2011
- 2) 社団法人日本建築学会：建物の LCA 指針, 2003
- 3) 社団法人産業環境管理協会：MiLCA (<http://www.milca-milca.net/>) (2011 年 12 月 26 日段階)
- 4) LCA 日本フォーラム：JLCA-LCA データベース 2004 年度 2 版
- 5) Naval Facilities Engineering Command: SiteWise Version2 (<http://www.ert2.org/t2gsrportal/default.aspx>) (2011 年 12 月 26 日段階)