参―３　ずり出し方式と CO_2 排出量

ずり出し方式と CO_2 の排出量の関係を調べるために CO_2 排出量を試算して比較した。
以下にその考え方と結果を示す。また計算根拠も併せて示す。
なお試算は傾向を見るためのものであり、多くの仮定を含んでいる。現場条件等異なる部分もあるので実現場での検討に際しては、各種定数や計算式を確認して欲しい。

参.3.1 試算の条件概要

１）　目的

タイヤ方式と連続ベルトコンベヤ方式における CO_2 排出量を具体的な条件のもとで試算し比較する。

２）　比較するトンネル

トンネル掘削断面は 70 ㎡、90 ㎡、110 ㎡の３種類とした。
トンネル延長は 1,000m から 5,000m まで 500m 刻みの９種類とした。なお坑口から土捨て場までの距離は 100m とした。

３）　比較の範囲

ずり出し作業に限定した。換気については参考資料に示すように他の要素（吹付け作業時の粉塵量）によって決まるので比較対象からは除外した。

４）　CO_2 発生量の係数は

燃料１L あたり 2.62 kg、電力 1kWh あたり 0.555 kg とした。
電力についての CO_2 発生量は電力会社ごとに異なるが上記の数値で算出した。

５）　使用機械の組み合わせ等

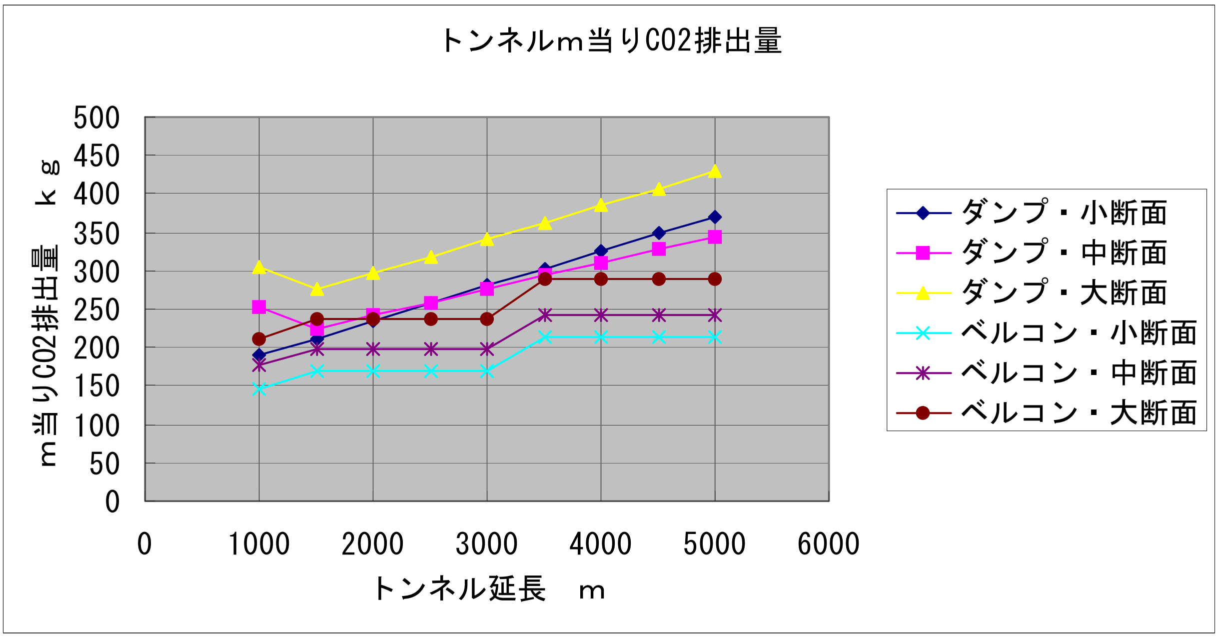
タイヤ方式の使用機械の仕様や能力、稼働時間等は国土交通省の積算基準に準拠した。ただしダンプトラックの型式については実態に合わせて 10ｔと 25ｔにした。
連続ベルトコンベヤ方式については一般的な仕様を基準とした。

参.3.2 CO_2 排出量の結果比較と考察

計算結果を次ページの図１に示す。また計算根拠をその後に示す。

- タイヤ方式ではほぼトンネル延長に比例して CO_2 発生量が増大する。これはダンプトラックの走行距離の増大による。なお 1,500m 付近で変化点が生じているが、これは使用するダンプトラック 10t と 25ｔの差が出たものである。
- 連続ベルトコンベヤ方式では CO2 排出量がトンネル延長によらないで一定の区間がある。これは計算を簡略化したため、設備容量によって排出量が決まるためである。実際の使用電力はトンネル延長により異なるだろう。なお 3,000m 付近に変化点があるがこれはブースタードライブの設置による。
- CO2 の排出量はすべてタイヤ方式の方が多い。ただしトンネル延長によっては、差はわずかなところもある。

・ CO2 の排出量に関しては工法による差は図に示すとおりである。この差をどう判断するかはここでは言及しない。ただトンネル坑内の環境に関して言えば内燃機関を使用しない連続ベルトコンベヤ方式が有利なのは明白である。また坑内を走行する車両が大幅に減るので安全面でもタイヤ方式に比較して圧倒的に有利である。



図―１　タイヤ方式と連続ベルトコンベア方式の CO2 排出量比較

注1)　ダンプトラックの出力は 10t ダンプは 246 kW、25t ダンプは 170ｋｗとした。10t ダンプは一般道路を高速運行するのが基本であり、25t ダンプは低速を前提としているため容量と出力が逆転している。

注2)　25t ダンプについてはメーカーのカタログからは 235 kW の表示もある。今回は建設機械等損料算定表の数値を採用した。

注3)　計算条件としてすべて 10t ダンプを使用した場合、または 25t ダンプの出力を 235 kW とした場合はダンプ方式の CO_2 排出量は上記の図よりさらに多くなる。

CO2排出量計算書

ダンプ工法とベルトコンベヤ工法のCO2排出量を比較する
計算対象は工法は発破工法とする
計算条件比較はずり出し関連のみとする

＜共通条件＞
１　CO2発生量係数

	単位	発生量
燃料１L当り発生量	kg/L	2.62
電力１kWh当り発生量	kg/kWh	0.555

２　掘削量

	単位	小断面	中断面	大断面
設計掘削断面積	m2	70	90	110
支払掘削断面積	m2	70	90	110
１掘進長	m	1.2	1.2	1.2
１回当り掘削量	m3	84	108	132
土量換算係数		1.6	1.6	1.6
ほぐした土量	m3	134.4	172.8	211.2

３　運搬距離m

坑口ー切羽	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000
坑口ーずり捨場位置	100	100	100	100	100	100	100	100	100

＜ダンプ方式＞
４　積込機（ホイールローダ）
機械仕様

山積み容量	m3	2.5	3
出力	kW	136	193
燃料消費率	L/kW-h	0.153	0.153
1時間当り燃料	L/h	20.808	29.529

作業能力算定

	能力m3/	容量m3	係数	地山容量	回数	積込時間s
2.3m3	64.4	2.3	1.6	1.44	44.7	80.5
3.0m3	84.0	3.0	1.6	1.88	44.7	80.5

Qs：時間当たり作業量（地山土量）Qs＝3600*qs＊Es/Cms（m3/h）
qs1：１サイクル当り積込み量（地山土量）　1.44 m3
qs2：１サイクル当り積込み量（地山土量）　1.88 m3
Cms：１サイクルタイム　52.3 実積込時間（秒）
Es：作業効率　0.65

CO2排出量

		小断面	中断面	大断面
作業能力	m3/h	64.4	84	84
退避時間ほか	分	20	20	20
積込み時間	分	78	77	94
稼働時間	分	98	97	114
燃料消費量	L	33.986	47.739	56.105
CO2排出量	kg	89	125.1	147

5　ダンプトラック使用種別

坑口ー切羽	m	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000
小断面										
ダンプ種別		10t	10t	10t	10t	10t	10t	10t	10t	10t
台数	台	4	4	4	4	4	4	4	4	4
出力	kW	246	246	246	246	246	246	246	246	246
燃料消費率	L/kW-h	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
時間当たり燃料	L/h	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3
積載量	m3/台	4	4	4	4	4	4	4	4	4
坑内運行速度	km/h	25	25	25	25	25	25	25	25	25
1サイクル積込量	m3	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44
1台当り積込回数	回	3	3	3	3	3	3	3	3	3
積込み時間	分	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
待ち、ずり放出時間	分	3	3	3	3	3	3	3	3	3
走行時間	分	5.3	7.7	10.1	12.5	14.9	17.3	19.7	22.1	24.5
1回当り運転時間	分	12.3	14.7	17.1	19.5	21.9	24.3	26.7	29.1	31.5
所要台数	台	21	21	21	21	21	21	21	21	21
中断面										
ダンプ種別		10t	25t	25t	25t	25t	25t	25t	25t	25t
台数	台	4	3	4	4	4	4	4	4	4
出力	kW	246	170	170	170	170	170	170	170	170
燃料消費率	L/kW・h	0.05	0.085	0.085	0.085	0.085	0.085	0.085	0.085	0.085
時間当たり燃料	L/h	12.3	14.45	14.45	14.45	14.45	14.45	14.45	14.45	14.45
積載量	m3/台	4	10	10	10	10	10	10	10	10
坑内運行速度	km/h	25	20	20	20	20	20	20	20	20
1サイクル積込量	m3	1.44	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88
1台当り積込回数	回	3	6	6	6	6	6	6	6	6
積込み時間	分	4.0	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1
待ち、ずり放出時間	分	3	3	3	3	3	3	3	3	3
走行時間	分	5.3	9.6	12.6	15.6	18.6	21.6	24.6	27.6	30.6
1回当り運転時間	分	12.3	20.7	23.7	26.7	29.7	32.7	35.7	38.7	41.7
所要台数	台	27	11	11	11	11	11	11	11	11
大断面										
ダンプ種別		10t	25t	25t	25t	25t	25t	25t	25t	25t
台数	台	4	3	4	4	4	4	4	4	4
出力	kW	246	170	170	170	170	170	170	170	170
燃料消費率	L/kW-h	0.05	0.085	0.085	0.085	0.085	0.085	0.085	0.085	0.085
時間当たり燃料	L/h	12.3	14.45	14.45	14.45	14.45	14.45	14.45	14.45	14.45
積載量	m3/台	4	10	10	10	10	10	10	10	10
坑内運行速度	km/h	25	20	20	20	20	20	20	20	20
1サイクル積込量	m3	1.44	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88
1台当り積込回数	回	3	6	6	6	6	6	6	6	6
積込み時間	分	4.0	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1
待ち、ずり放出時間	分	3	3	3	3	3	3	3	3	3
走行時間	分	5.3	9.6	12.6	15.6	18.6	21.6	24.6	27.6	30.6
1回当り運転時間	分	12.3	20.7	23.7	26.7	29.7	32.7	35.7	38.7	41.7
所要台数	台	33	14	14	14	14	14	14	14	14

CO2排出量計算書（発破工法：ダンプ方式）

設定条件				積込機						ダンプトラック						CO2量	
延長	断面積	掘進長	掘削量	種別	能力	稼動	出力	燃料	CO2	種別	台数	1サイクル	稼働時間	燃料消費	CO2	排出量	m当り
m	m2	m	m3		m3/h	分	kW	L	kg		台	分	分	L	kg	kg	kg
小断面																	
1000	70	1.2	84	2.3m3級	64.4	98	136	33.9864	89	10t	21	12.3	258.3	52.9515	138.7	227.7	190
1500	70	1.2	84	2.3m3級	64.4	98	136	33.9864	89	10t	21	14.7	308.7	63.2835	165.8	254.8	212
2000	70	1.2	84	2.3m3級	64.4	98	136	33.9864	89	10t	21	17.1	359.1	73.6155	192.9	281.9	235
2500	70	1.2	84	2.3m3級	64.4	98	136	33.9864	89	10t	21	19.5	409.5	83.9475	219.9	308.9	257
3000	70	1.2	84	2.3m3級	64.4	98	136	33.9864	89	10t	21	21.9	459.9	94.2795	247	336	280
3500	70	1.2	84	2.3m3級	64.4	98	136	33.9864	89	10t	21	24.3	510.3	104.6115	274.1	363.1	303
4000	70	1.2	84	2.3m3級	64.4	98	136	33.9864	89	10t	21	26.7	560.7	114.9435	301.2	390.2	325
4500	70	1.2	84	2.3m3級	64.4	98	136	33.9864	89	10t	21	29.1	611.1	125.2755	328.2	417.2	348
5000	70	1.2	84	2.3m3級	64.4	98	136	33.9864	89	10t	21	31.5	661.5	135.6075	355.3	444.3	370
中断面																	
1000	90	1.2	108	3.0m3級	84	97	193	47.73855	125.1	10t	27	12.3	332.1	68.0805	178.4	303.5	253
1500	90	1.2	108	3.0m3級	84	97	193	47.73855	125.1	25t	11	20.7	227.7	54.83775	143.7	268.8	224
2000	90	1.2	108	3.0m3級	84	97	193	47.73855	125.1	25t	11	23.7	260.7	62.78525	164.5	289.6	241
2500	90	1.2	108	3.0m3級	84	97	193	47.73855	125.1	25t	11	26.7	293.7	70.73275	185.3	310.4	259
3000	90	1.2	108	3.0m3級	84	97	193	47.73855	125.1	25t	11	29.7	326.7	78.68025	206.1	331.2	276
3500	90	1.2	108	3.0m3級	84	97	193	47.73855	125.1	25t	11	32.7	359.7	86.62775	227	352.1	293
4000	90	1.2	108	3.0m3級	84	97	193	47.73855	125.1	25t	11	35.7	392.7	94.57525	247.8	372.9	311
4500	90	1.2	108	3.0m3級	84	97	193	47.73855	125.1	25t	11	38.7	425.7	102.5228	268.6	393.7	328
5000	90	1.2	108	3.0m3級	84	97	193	47.73855	125.1	25t	11	41.7	458.7	110.4703	289.4	414.5	345
大断面																	
1000	110	1.2	132	3.0m3級	84	114	193	56.1051	147	10t	33	12.3	405.9	83.2095	218	365	304
1500	110	1.2	132	3.0m3級	84	114	193	56.1051	147	25t	14	20.7	289.8	69.7935	182.9	329.9	275
2000	110	1.2	132	3.0m3級	84	114	193	56.1051	147	25t	14	23.7	331.8	79.9085	209.4	356.4	297
2500	110	1.2	132	3.0m3級	84	114	193	56.1051	147	25t	14	26.7	373.8	90.0235	235.9	382.9	319
3000	110	1.2	132	3.0m3級	84	114	193	56.1051	147	25t	14	29.7	415.8	100.1385	262.4	409.4	341
3500	110	1.2	132	3.0m3級	84	114	193	56.1051	147	25t	14	32.7	457.8	110.2535	288.9	435.9	363
4000	110	1.2	132	3.0m3級	84	114	193	56.1051	147	25t	14	35.7	499.8	120.3685	315.4	462.4	385
4500	110	1.2	132	3.0m3級	84	114	193	56.1051	147	25t	14	38.7	541.8	130.4835	341.9	488.9	407
5000	110	1.2	132	3.0m3級	84	114	193	56.1051	147	25t	14	41.7	583.8	140.5985	368.4	515.4	430

CO2排出量計算書（発破工法：ベルトコンベヤ方式）

設定条件				積込機						クラッシャー					テールピース					連続コンベア					ブースター					CO2量	
延長	断面積	掘進長	掘削量	種別	能力	稼動	出力	燃料	CO2	時間	出力	負荷率	電力量	CO2	時間	出力	負荷率	電力量	CO2	時間	出力	負荷率	電力量	CO2	時間	出力	負荷率	電力量	CO2	排出量	m当り
m	m2	m	m3		m3/h	分	kW	L	kg	分	kW		kWh	kg	分	kW		kWh	kg	分	kW		kWh	kg	分	kW		kWh	kg	kg	kg
小断面																															
1000	70	1.2	84	2.3m3級	84.2	115.3	136	39.986	104.76	95.3	90	0.56	80.05	44.43	95.3	22	0.56	19.57	10.86	105.3	110	0.56	108.11	60.00						176.18240	147
1500	70	1.2	84	2.3m3級	84.2	115.3	136	39.986	104.76	95.3	90	0.56	80.05	44.43	95.3	22	0.56	19.57	10.86	105.3	160	0.56	157.25	87.27						203.4551	170
2000	70	1.2	84	2.3m3級	84.2	115.3	136	39.986	104.76	95.3	90	0.56	80.05	44.43	95.3	22	0.56	19.57	10.86	105.3	160	0.56	157.25	87.27						203.4551	170
2500	70	1.2	84	2.3m3級	84.2	115.3	136	39.986	104.76	95.3	90	0.56	80.05	44.43	95.3	22	0.56	19.57	10.86	105.3	160	0.56	157.25	87.27						203.4551	170
3000	70	1.2	84	2.3m3級	84.2	115.3	136	39.986	104.76	95.3	90	0.56	80.05	44.43	95.3	22	0.56	19.57	10.86	105.3	160	0.56	157.25	87.27						203.4551	170
3500	70	1.2	84	2.3m3級	84.2	115.3	136	39.986	104.76	95.3	90	0.56	80.05	44.43	95.3	22	0.56	19.57	10.86	105.3	160	0.45	126.36	70.13	105.3	160	0.45	126.36	70.13	256.44095	214
4000	70	1.2	84	2.3m3級	84.2	115.3	136	39.986	104.76	95.3	90	0.56	80.05	44.43	95.3	22	0.56	19.57	10.86	105.3	160	0.45	126.36	70.13	105.3	160	0.45	126.36	70.13	256.44095	214
4500	70	1.2	84	2.3m3級	84.2	115.3	136	39.986	104.76	95.3	90	0.56	80.05	44.43	95.3	22	0.56	19.57	10.86	105.3	160	0.45	126.36	70.13	105.3	160	0.45	126.36	70.13	256.44095	214
5000	70	1.2	84	2.3m3級	84.2	115.3	136	39.986	104.76	95.3	90	0.56	80.05	44.43	95.3	22	0.56	19.57	10.86	105.3	160	0.45	126.36	70.13	105.3	160	0.45	126.36	70.13	256.44095	214
中断面																															
1000	90	1.2	108	3.0m3級	114.5	111.4	193	54.826	143.64	91.4	132	0.56	112.6	62.49	91.4	22	0.56	18.77	10.42	101.4	110	0.56	104.1	57.78						212.39285	177
1500	90	1.2	108	3.0m3級	114.5	111.4	193	54.826	143.64	91.4	132	0.56	112.6	62.49	91.4	22	0.56	18.77	10.42	101.4	160	0.56	151.42	84.04						238.65545	199
2000	90	1.2	108	3.0m3級	114.5	111.4	193	54.826	143.64	91.4	132	0.56	112.6	62.49	91.4	22	0.56	18.77	10.42	101.4	160	0.56	151.42	84.04						238.65545	199
2500	90	1.2	108	3.0m3級	114.5	111.4	193	54.826	143.64	91.4	132	0.56	112.6	62.49	91.4	22	0.56	18.77	10.42	101.4	160	0.56	151.42	84.04						238.65545	199
3000	90	1.2	108	3.0m3級	114.5	111.4	193	54.826	143.64	91.4	132	0.56	112.6	62.49	91.4	22	0.56	18.77	10.42	101.4	160	0.56	151.42	84.04						238.65545	199
3500	90	1.2	108	3.0m3級	114.5	111.4	193	54.826	143.64	91.4	132	0.56	112.6	62.49	91.4	22	0.56	18.77	10.42	101.4	160	0.45	121.68	67.53	101.4	160	0.45	121.68	67.53	289.68215	241
4000	90	1.2	108	3.0m3級	114.5	111.4	193	54.826	143.64	91.4	132	0.56	112.6	62.49	91.4	22	0.56	18.77	10.42	101.4	160	0.45	121.68	67.53	101.4	160	0.45	121.68	67.53	289.68215	241
4500	90	1.2	108	3.0m3級	114.5	111.4	193	54.826	143.64	91.4	132	0.56	112.6	62.49	91.4	22	0.56	18.77	10.42	101.4	160	0.45	121.68	67.53	101.4	160	0.45	121.68	67.53	289.68215	241
5000	90	1.2	108	3.0m3級	114.5	111.4	193	54.826	143.64	91.4	132	0.56	112.6	62.49	91.4	22	0.56	18.77	10.42	101.4	160	0.45	121.68	67.53	101.4	160	0.45	121.68	67.53	289.68215	241
大断面																															
1000	110	1.2	132	3.0m3級	114.5	131.8	193	64.865	169.95	111.8	132	0.56	137.74	76.45	111.8	22	0.56	22.96	12.74	121.8	110	0.56	125.05	69.40						252.65555	211
1500	110	1.2	132	3.0m3級	114.5	131.8	193	64.865	169.95	111.8	132	0.56	137.74	76.45	111.8	22	0.56	22.96	12.74	121.8	160	0.56	181.89	100.95						284.20175	237
2000	110	1.2	132	3.0m3級	114.5	131.8	193	64.865	169.95	111.8	132	0.56	137.74	76.45	111.8	22	0.56	22.96	12.74	121.8	160	0.56	181.89	100.95						284.20175	237
2500	110	1.2	132	3.0m3級	114.5	131.8	193	64.865	169.95	111.8	132	0.56	137.74	76.45	111.8	22	0.56	22.96	12.74	121.8	160	0.56	181.89	100.95						284.20175	237
3000	110	1.2	132	3.0m3級	114.5	131.8	193	64.865	169.95	111.8	132	0.56	137.74	76.45	111.8	22	0.56	22.96	12.74	121.8	160	0.56	181.89	100.95						284.20175	237
3500	110	1.2	132	3.0m3級	114.5	131.8	193	64.865	169.95	111.8	132	0.56	137.74	76.45	111.8	22	0.56	22.96	12.74	121.8	160	0.45	146.16	81.12	121.8	160	0.45	146.16	81.12	345.4904	288
4000	110	1.2	132	3.0m3級	114.5	131.8	193	64.865	169.95	111.8	132	0.56	137.74	76.45	111.8	22	0.56	22.96	12.74	121.8	160	0.45	146.16	81.12	121.8	160	0.45	146.16	81.12	345.4904	288
4500	110	1.2	132	3.0m3級	114.5	131.8	193	64.865	169.95	111.8	132	0.56	137.74	76.45	111.8	22	0.56	22.96	12.74	121.8	160	0.45	146.16	81.12	121.8	160	0.45	146.16	81.12	345.4904	288
5000	110	1.2	132	3.0m3級	114.5	131.8	193	64.865	169.95	111.8	132	0.56	137.74	76.45	111.8	22	0.56	22.96	12.74	121.8	160	0.45	146.16	81.12	121.8	160	0.45	146.16	81.12	345.4904	288