

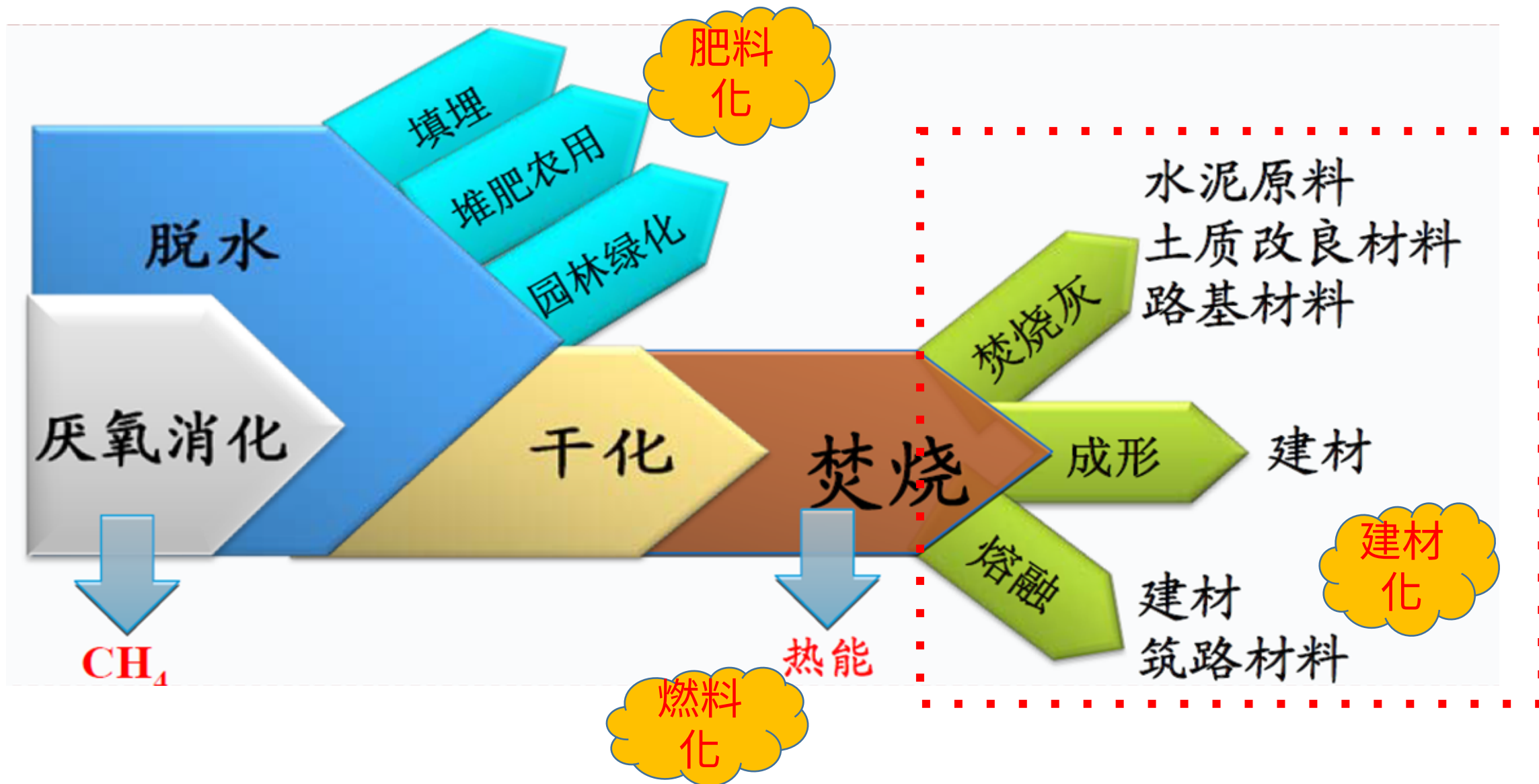
下水污泥利用為水泥廠原燃料的效益 與水泥廠應有的配套投資

鄭瑞濱 博士
潤泰精密材料股份有限公司 副總經理
2019.03.11

簡報大綱

- 前言
- 作為水泥生產過程的原燃料替代是趨勢
- 下水污泥的物化特性與水泥窯的利用作法
- 下水污泥導入水泥窯的製程問題
- 結論

下水污泥的再利用用途



肥料用途

- 處理物：有機性污泥、無機性污泥、污泥混合物
- 運轉狀況：試運轉，固定污染源設置許可證申請中
- 乾燥爐形式：直接加熱式乾燥旋轉窯
- 廢氣防制：集氣罩、風管及洗滌塔
- 處理流程：進料（含水率約80%）→第一段乾燥→破碎→第二段乾燥（含水率按最終用途調整）→添加副資材（肥料登記證）



汽電共生廠

- 處理物：生物處理污泥、製漿造紙排渣、廢輪胎
- 運轉狀況：汽電共生鍋爐之輔助燃料
- 焚化爐形式：氣泡式流體化床焚化爐及循環式流體化床
- 帶濾式脫水機：污泥含水率約為80%，回收熱量較低，亦會損害焚化爐或鍋爐
螺旋式脫水機軸心通入蒸氣：污泥含水率降至50%以下，節省乾燥時間與耗電



填土用途

■ 污泥乾燥設備：Komline-Sanderson Paddle攪拌式乾燥機

處理線(1)：T9處理線機型代號為NPD-10T，較早期設計之機型，攪拌轉軸採用雙槳葉設計，其乾燥行程較短，較無轉軸變形問題，另因槳葉設計較小且乾燥爐內溫度變化較小，**處理效率較佳且故障率較低**。

處理線(2)：T10處理線機型代號為15W3000，為新採購之機型，攪拌轉軸採用四槳葉設計，每部機組同樣具有兩支攪拌轉軸，其乾燥行程較長，乾燥爐內溫度變化較大，易發生**污泥固結**，其效率較不佳且故障率較高。

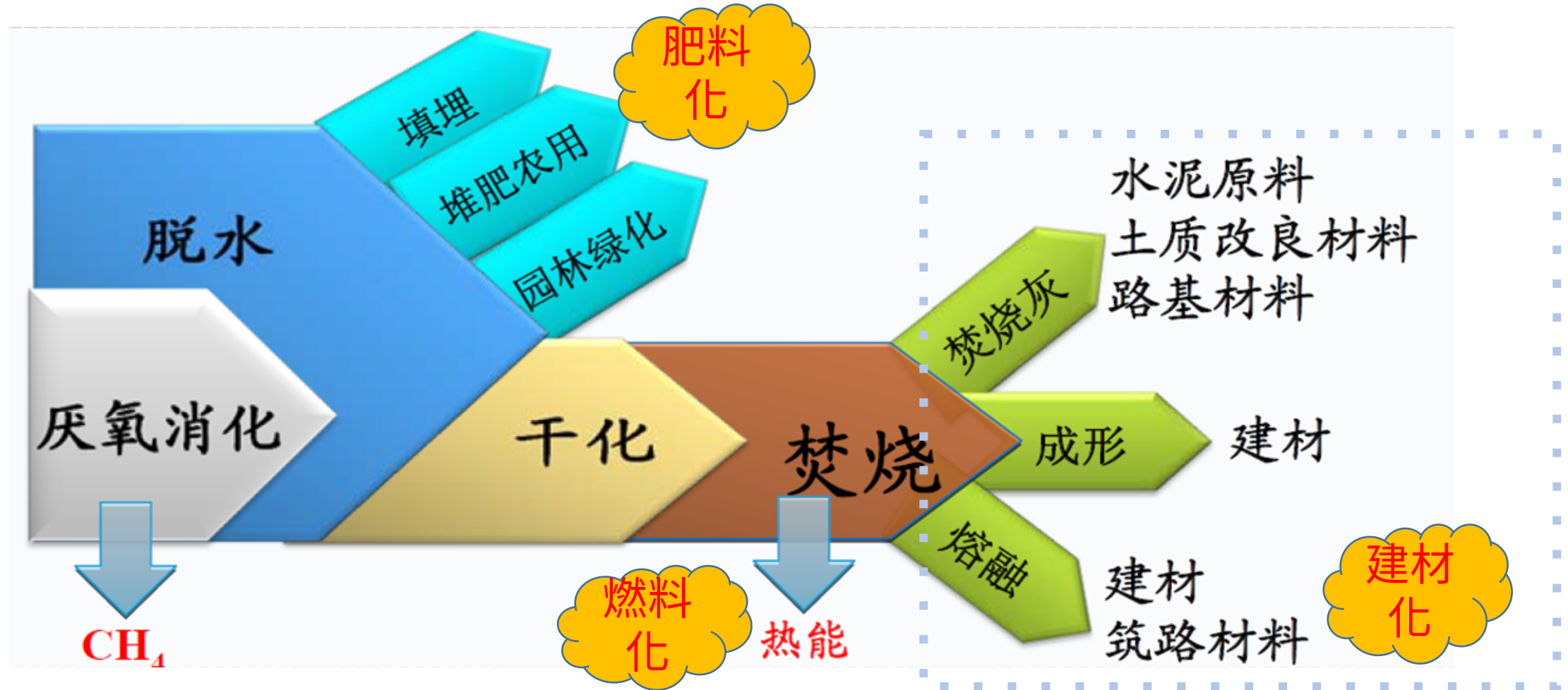
■ 乾燥方式：間接加熱(使用蒸汽)，乾燥溫度約120~130℃

■ 脫水污泥：約51噸/日，含水率90~92%。

■ 乾燥污泥：含水率15%以下，顆粒狀非粉塵，無臭味問題

■ 最終處置：以太空包裝袋，採外運掩埋處置

連續式的產出 vs 批次式的應用

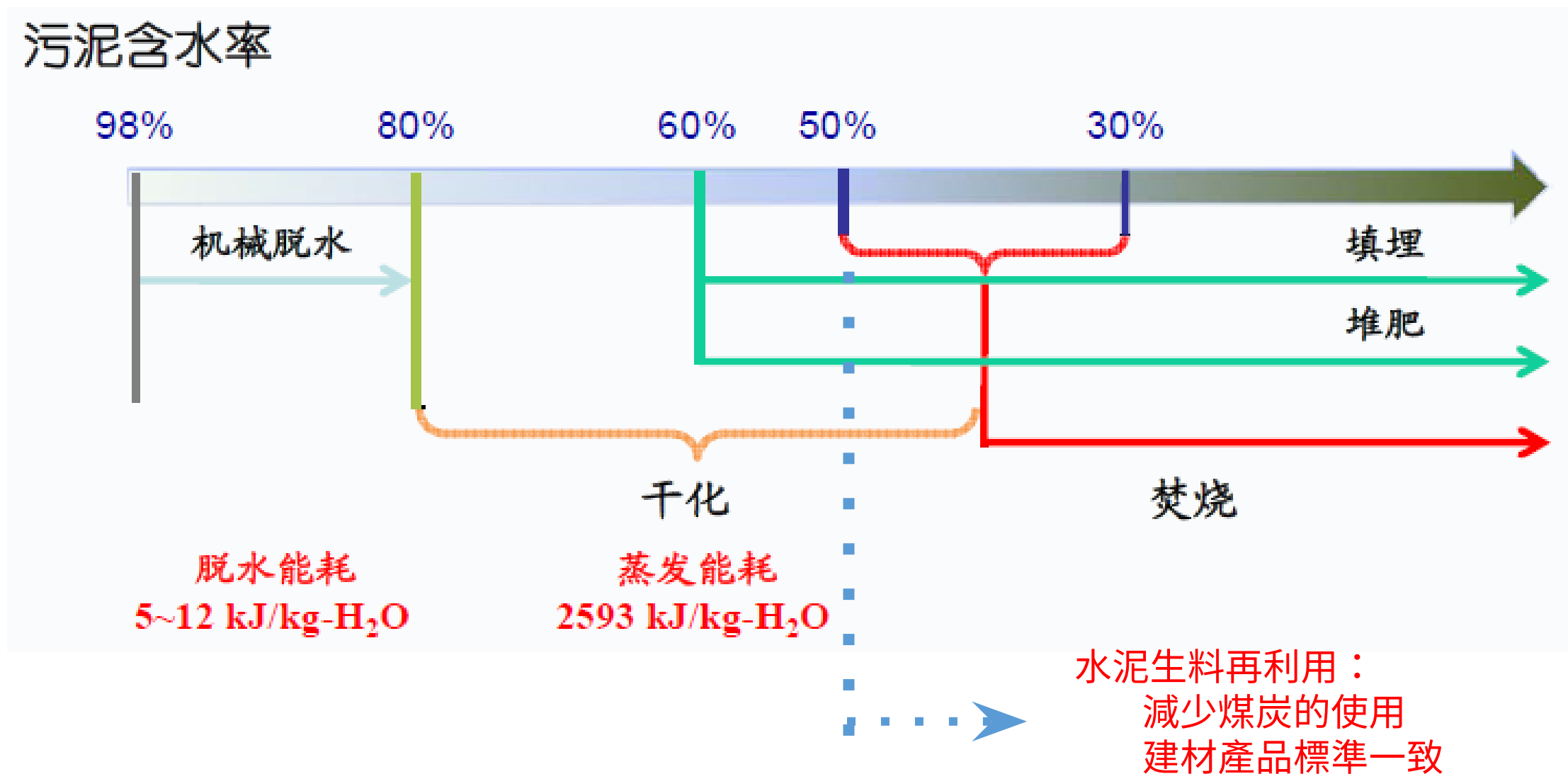


產出



應用

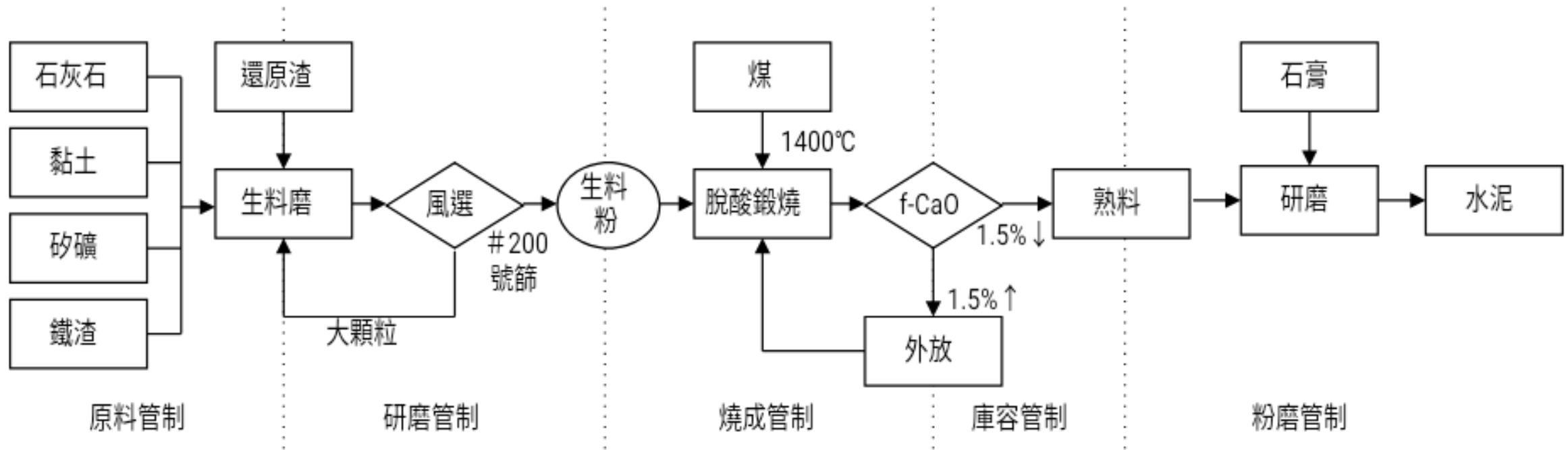
水泥生料再利用一併整合「燃料化」與「材料化」的想法



簡報大綱

- 前言
- 作為水泥生產過程的原燃料替代是趨勢
- 下水污泥的物化特性與水泥窯的利用作法
- 下水污泥導入水泥窯的製程問題
- 結論

水泥的基本製程- 兩磨一燒



管理基準：

1. 原料化性
2. 輻射偵檢需為背景值

管理基準：

1. 稱飼每週檢斤
2. 留篩低於15%
3. $\text{CaCO}_3 > 75.2\%$

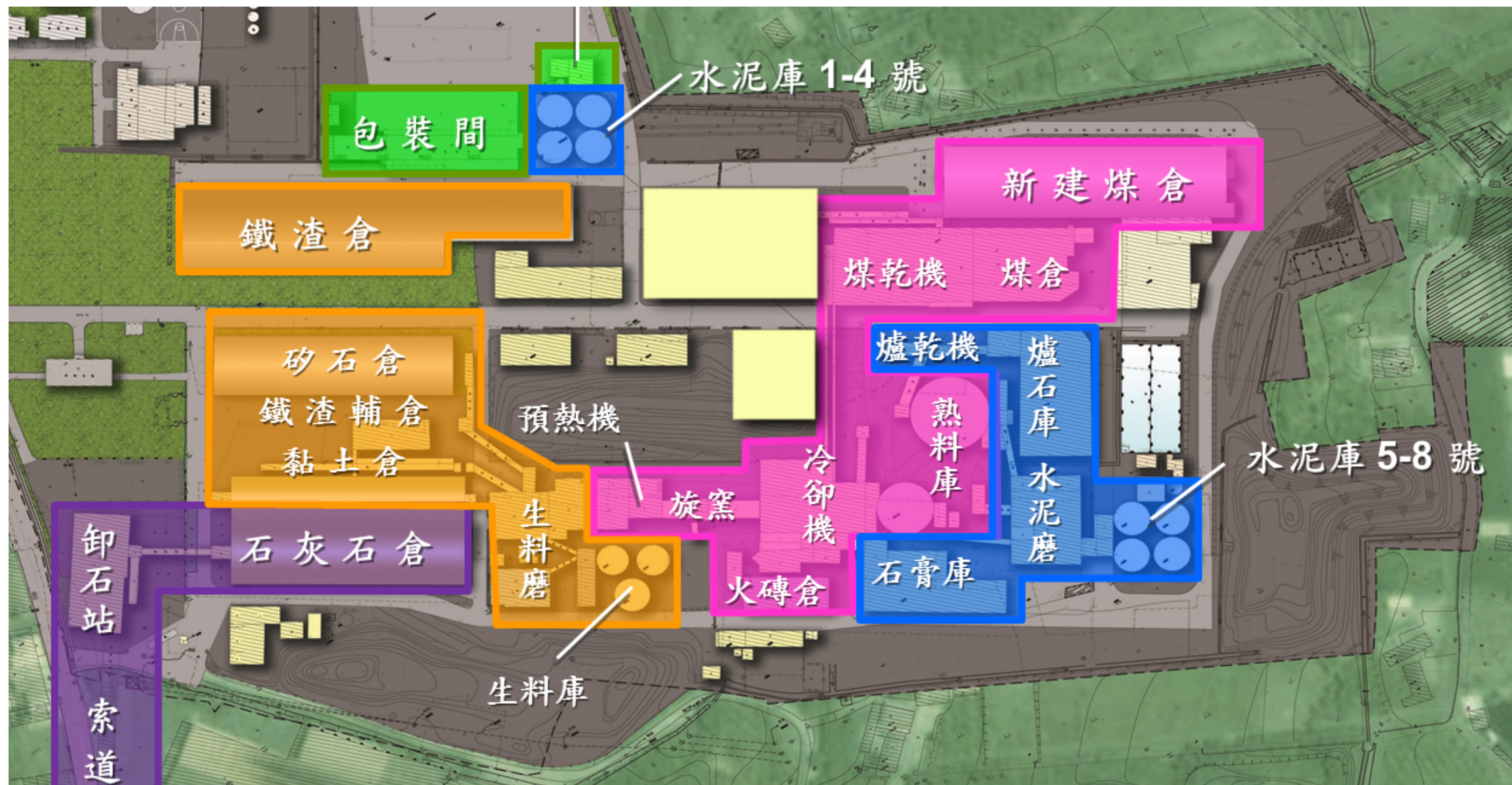
管理基準：

1. 鍛燒溫度 $> 1350^\circ\text{C}$
2. 每小時檢查 f-CaO
3. 符合CNS61 國家標準

管理基準：

1. 每2小時檢查細度
2. 每2小時檢查 f-CaO $< 1\%$
3. 符合CNS61國家標準

連續的生產製程~全年無休



水泥配料使用的原物料具有擴充性



水泥製造 的基本原 物料與生 產配料

化學成份			石灰石	粘土	砂礫	鐵渣
燒失量	I.L	%	40.05	6.63	2.81	18.48
氧化矽	SiO ₂	%	2.63	62.93	84.35	16.50
氧化鋁	Al ₂ O ₃	%	4.11	14.74	5.71	2.68
氧化鐵	Fe ₂ O ₃	%	1.66	11.11	2.93	52.96
氧化鈣	CaO	%	50.04	1.19	1.18	6.04
氧化鎂	MgO	%	0.93	0.98	0.74	1.12

水泥熟料的燒成製程具有 3T 的特色



預熱機高度74公尺 (4級旋風筒)
生料進入預熱機時，料溫100 °C
生料預熱出口料溫950 °C
脫酸率90% ($\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$)

旋窯

製造廠家：ALLIS-CHALMERS

始用日期：民國65年10月04日

尺寸：直徑4.87M，長度70M

主馬達：250匹馬力x2只

設計產能：3,200噸以上/天

功能說明

生料經預熱機預熱後進入旋窯，在窯內停留時間約40分鐘，將預熱後的生料粉在窯內以1450°C高溫鍛燒為顆粒狀的熟料，擔任熟料品質好壞的重任

3T：

燒成溫度高
滯留時間長
氣流擾動大



歐盟用作水泥產業的替代燃料

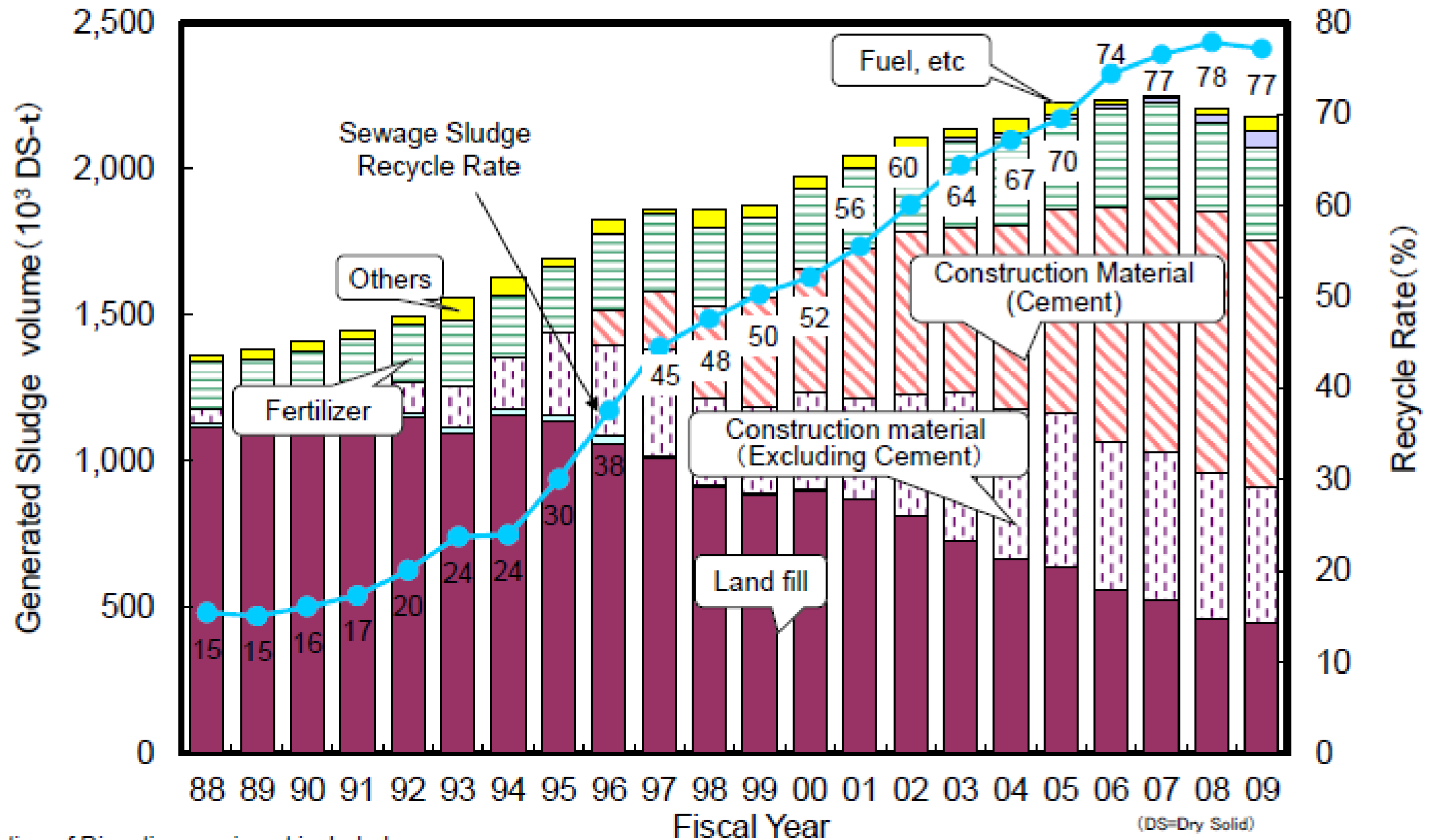
Alternative fuels	Quantity in kT/y	Energy in TJ	Substitution rate
Animal meal& bone meal& animal fat	760	15'000	2.0%
Tires	500	13'200	1.8%
Other hazardous	360	6'500	0.9%
Plastic	210	5'000	0.7%
Paper/ cardboards/ wood/ PAS	180	2'800	0.4%
Impregnated sawdust	165	1'900	0.3%
Coal slurries/ distillation residues	110	1'650	0.2%
Sludge (paper fiber, sewage)	100	970	0.1%
Fine/ anodes/ chemical cokes	90	1'600	0.2%
RDF	40	530	0.1%
Shale/ oil shale	15	130	<0.1%
Packaging waste	12	260	<0.1%
Agricultural & organic wastes	10	170	<0.1%
Other non hazardous	730	14'100	1.9%
Subtotal solid fuels (75%)	3'282	63'810	8.5%
Waste oil and oiled water	380	13'500	1.8%
Solvents and others	260	3'900	0.5%
Other hazardous liquid fuels	170	4'300	0.6%
Subtotal liquid fuels (25%)	810	21'700	2.9%
Total	4'092	85'510	11.4%

2002年

日本水泥窯替代原燃料的量

Type of waste	Use at cement plant	Weight ('ooo ton)
Blast Furnace	Raw Material, Mixing Material	11,915
Coal Ash	Raw Material, Mixing Material	5,822
By-product Gypsum	Raw Material(Additive)	2,568
Low Quality Coal from Mine	Raw Material, Fuel	574
Non-iron Slag	Raw Material	1,236
Revolving Furnace Slag	Raw Material	935
Sludge etc.	Raw Material, Fuel	2,235
Soot & Dust	Raw Material, Fuel	943
Molding Sand	Raw Material	492
Used Tires	Fuel	284
Waste Oils	Fuel	353
Spent Activated Clay	Fuel	82
Waste Plastics	Fuel	171
Others	Raw Material, Fuel	450
Total		28,061

日本水泥窯業協同處理下水污泥逐年增加



❖ 在《京都议定书目标达成计划》中，日本政府制定的具体对策

温室效应气体种类		政府的对策	N E D O的举措例
来源于能源 CO ₂	各部门共通	形成减少CO ₂ 型的城市规划、交通系统规划、物流体系 扩大引进新能源、促进能源调节	多个企业联合节能 开发新能源及节能技术 降低半导体使用设备的电力消耗（高分子有机EL）
	产业部门	制造企业的举措 能源供给部门减少CO ₂ 产业部门以设备为单位的对策	推动新能源对策（光伏发电、风力、生物质） 促进高性能工业炉及新一代焦炉等的引进 内部热交换节能蒸馏
	民用部门	家庭、写字楼、店铺等减少CO ₂ 业务与家庭部门以设备为单位的对策	推广BEMS与HEMS 高效率热水器、推广业务用高效率空调、光催化剂
	交通部门	运输部门以设备为单位的对策	促进绿色能源汽车的普及 汽车的轻量化（铝合金、碳纤维增强复合材料、碳纳米纤维复合材料）
来源于非能源 CO ₂ 、CH ₄ 、N ₂ O		扩大水泥原料的替代使用 提高下水污泥焚烧技术 等	开发下水污泥（生物质）利用技术 等
替代氟利昂的气体 HFC、PFC、SF ₆		产业界有计划地采取措施 开发替代物质 等	开发氟利昂替代品、研发不含SF ₆ 的生产工序 无氟节能空调系统
森林吸收 CDM等		建设健康的森林 支持CDM／J I项目的形成 等	挖掘CDM／JI示范工程

- 前言
- 作為水泥生產過程的原燃料替代是趨勢
- 下水污泥的物化特性與水泥窯的利用作法與效益
- 下水污泥導入水泥窯的製程問題
- 結論

下水污泥的物化性質

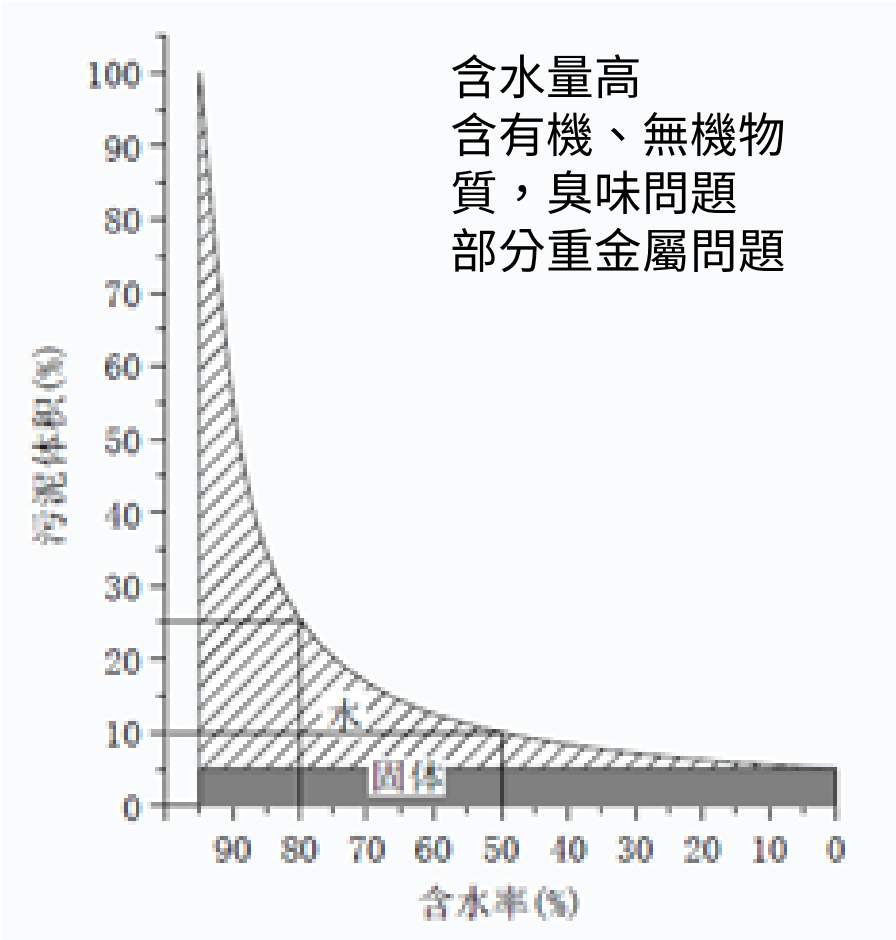


表 1 下水污泥及下水污泥灰之化學組成

Chemical composition (%)	Portland cement	Sewage sludge ash (SSA)	Expansive clay (Chung-li clay)
SiO ₂	20.5	63.31	62.77
Al ₂ O ₃	6.50	15.38	16.82
Fe ₂ O ₃	3.20	6.81	6.97
CaO	62.5	1.80	1.02
MgO	1.90	1.03	2.25
Na ₂ O	0.40	0.70	1.68
K ₂ O	0.78	1.51	3.07
SO ₃	2.2	1.02	-
P ₂ O ₅	-	7.20	-

表 2 下水污泥灰的重金屬總量與溶出濃度

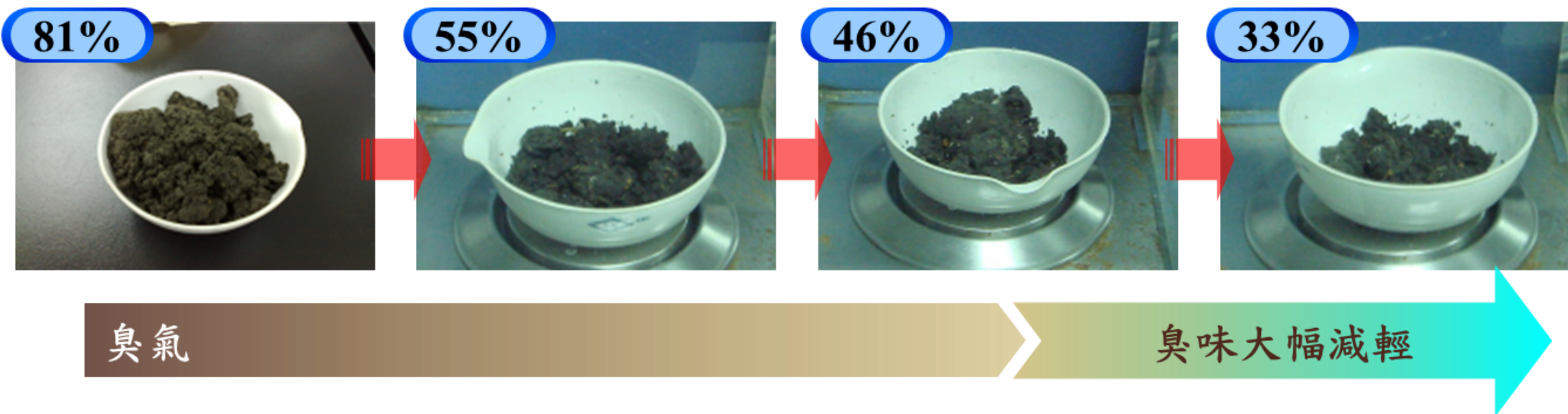
Materials	Heavy metal	Pb	Cd	Cr
Sewage sludge	Total concentration (mg/kg)	60.7 ± 1.9	2.4 ± 0.1	14.8 ± 1.3
	Total concentration (mg/kg)	162.3 ± 3.1	7.6 ± 0.2	41.4 ± 1.7
Sewage sludge ash	TCLP (mg/L)	0.18	0.095	0.125
	TCLP regulatory(mg/L)	<5	<1	<5

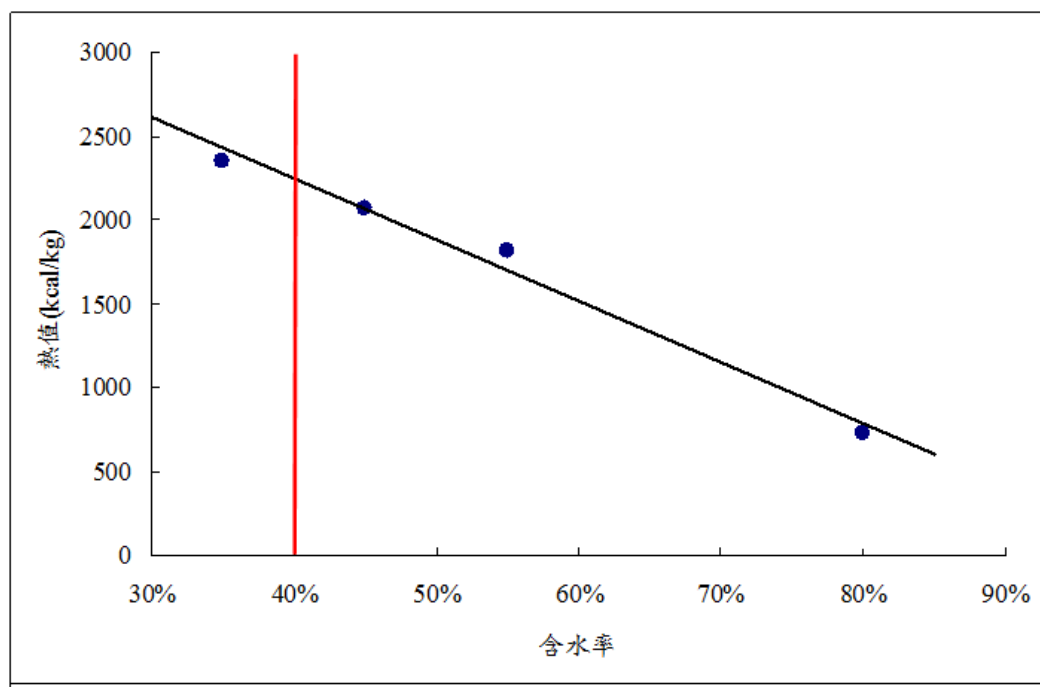
邱英嘉、蔡振球、王鯤生
"都會下水污泥及其焚化灰渣之營建資材化研究"

污泥乾燥臭味考量

- 污泥臭味來源主要來自污泥乾燥過程中有機分子的釋出，及乾燥成品輸送、貯存時的逸散，環保署對於臭味之定義為「當人體嗅覺某種氣味而感覺厭惡，該氣味即為廣義之臭味」，臭味亦可能同時造成生理及心理上的不良影響，
- 實際乾燥實驗可知污泥含水率**40%**時仍有強烈臭味，至**30%**以下時則臭味遽減，因此以含水率**30%**為處理要求。

污泥乾燥實驗情形





- 垃圾焚化之設計熱值：1,900 kcal/kg
- 污泥乾基熱值：含水率80% (732 kcal/kg)
- 污泥乾基熱值：含水率35% (2354 kcal/kg)
- 含水率45%以下之乾基熱值較焚化設計熱值高，可充當輔助燃料降低輔助燃料用量

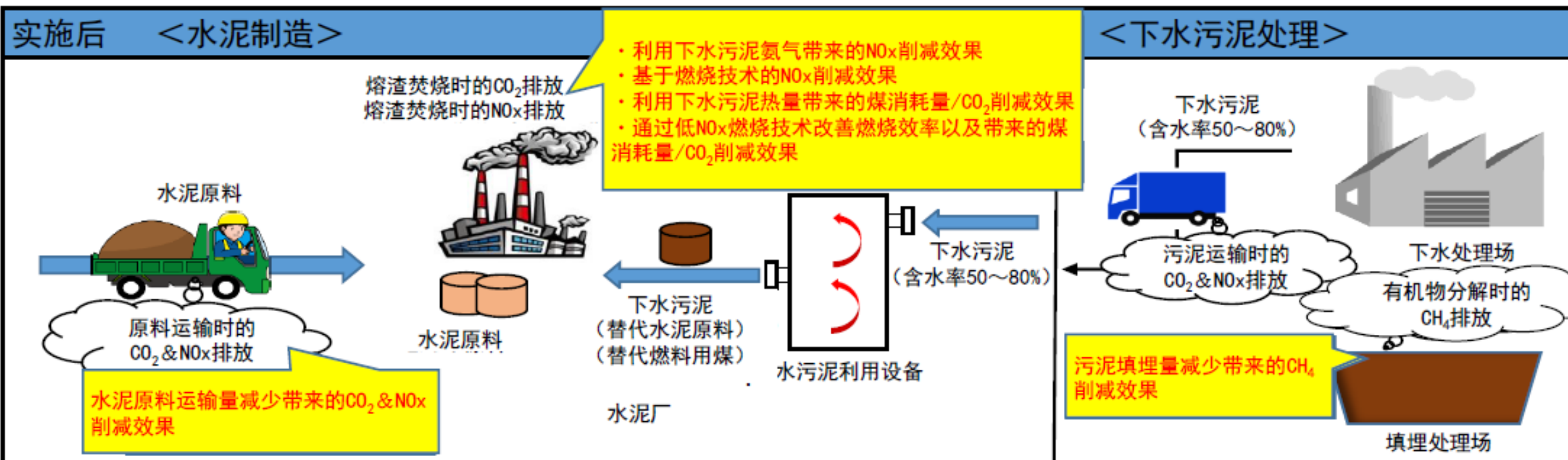
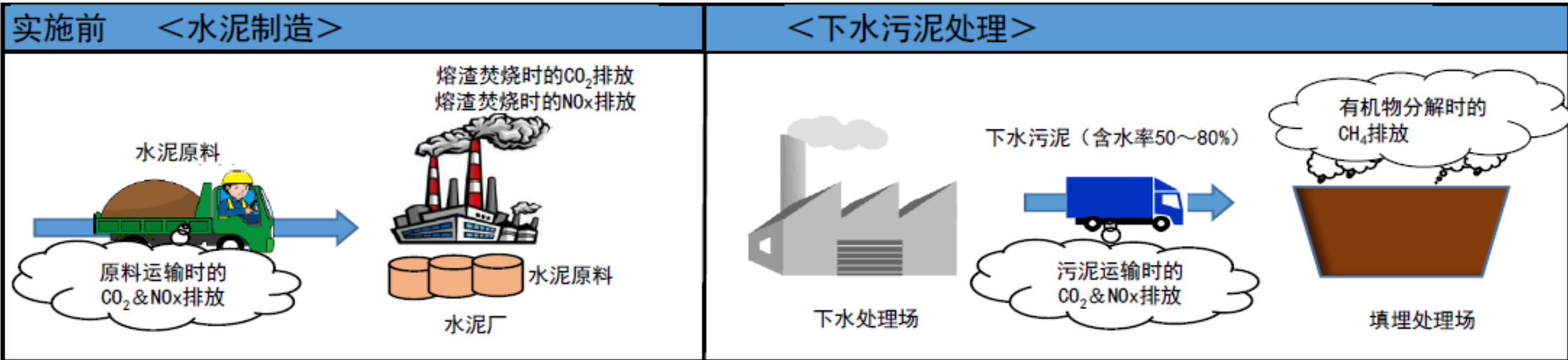


含水量	乾燥後性狀
60%以上	糊狀，具粘著性
50%~60%	污泥快速碎解成塊狀或球狀，具粘著性
30%以下	呈粉狀，粉塵揚起問題，輸送需謹慎

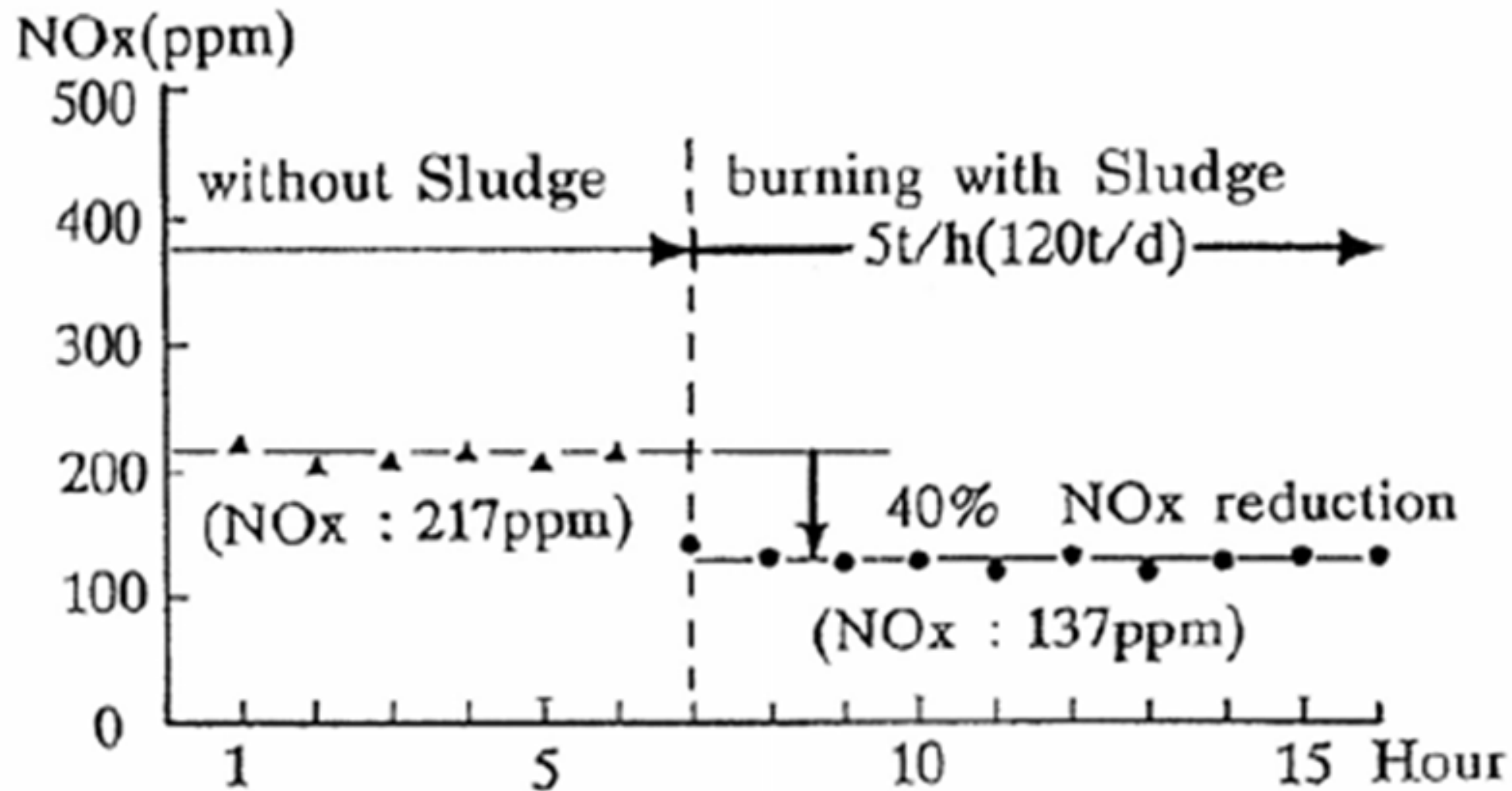
經考量自燃需求及乾燥後之污泥性狀，一般焚化前乾燥污泥之適宜含水量約在 40%~50%

作為燃料利用的性質比較

	Coal	Petcoke, (Kääntee et al., 2004)	Predried Sewage sludge (Winter et al., 1997)	Meat and bone- meal (Kääntee et al., 2004)	Tyre
Proximate analysis (wt. percent)			As received (wt. percent)		
Moisture (wt. percent)	9.20	1.50	7.00	8.09	0.6
Ash (db)	8.85	0.90	26.70	28.30	19.1
Volatiles (daf)	36.22	11.80	60.60	56.41	56.6
C - fixed	45.63	85.80	5.70	7.20	23.7
Ultimate analysis (wt. percent daf)			As received (wt. percent)		
C	68.6	89.50	37.20	42.10	71.85
H	3.05	3.08	4.29	5.83	6.07
N	1.3	1.71	4.18	7.52	0.20
S	0.49	4.00	0.53	0.38	1.06
O	8.51 ⁷	1.11	20.10	15.30	1.12
Ash	7.0	0.90	26.70	28.30	19.1
LHV (MJ/kg)	27.89	33.7	14.8	16.2	31
Density (kg/m ³)	1300	2023	1140	720	1179



替代水泥原燃料使用的效益



中國/日本的合作計畫

(1) 制定FS计划

- 制定日中实施体制并达成共识（右图）
- 编制第二阶段调研计划方案

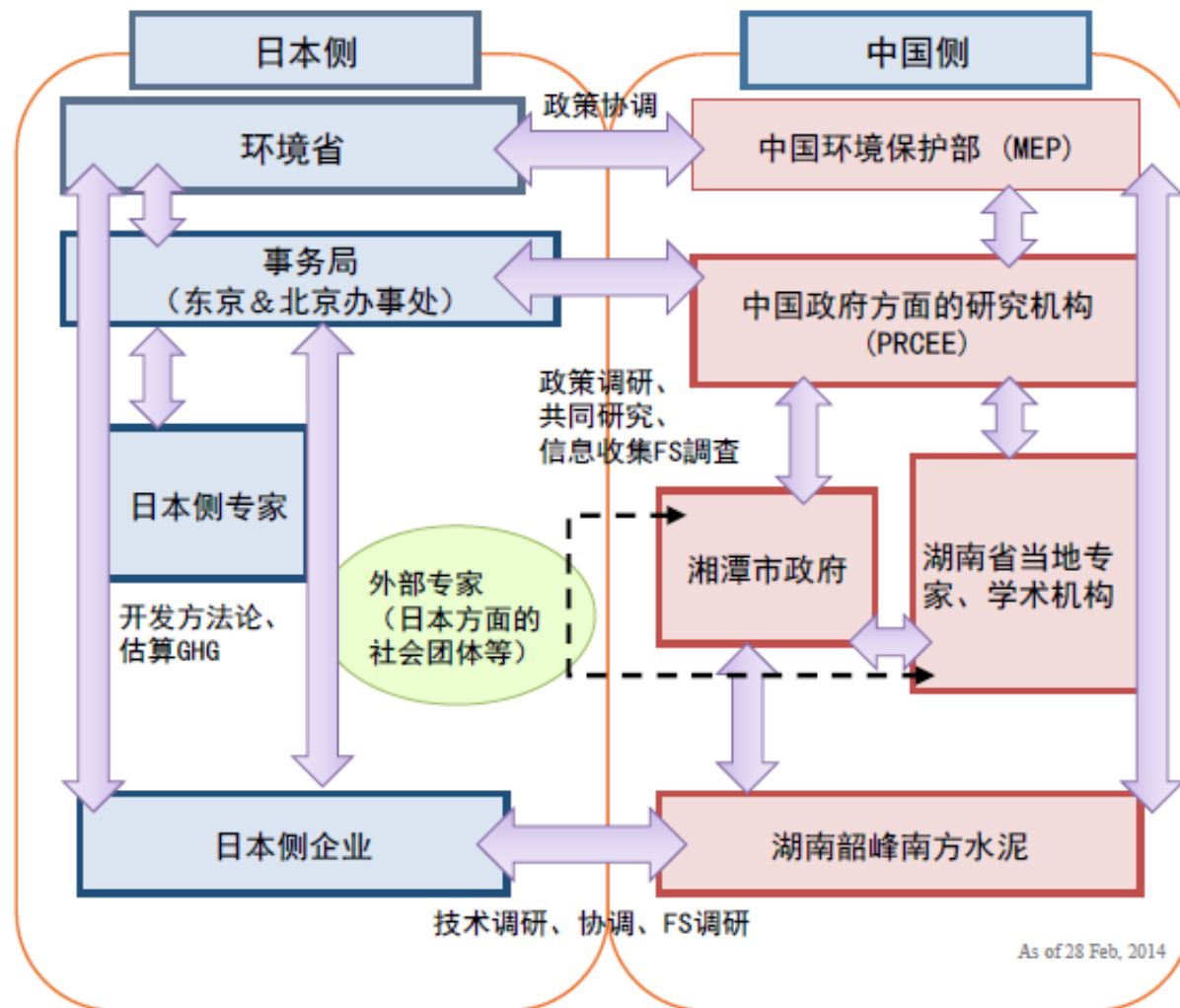
(2) 实施现场调研

- 多次视察项目实施处
- 调研对象城市的污泥组成并实施相关政策调研

(3) 提出技术优先性建议

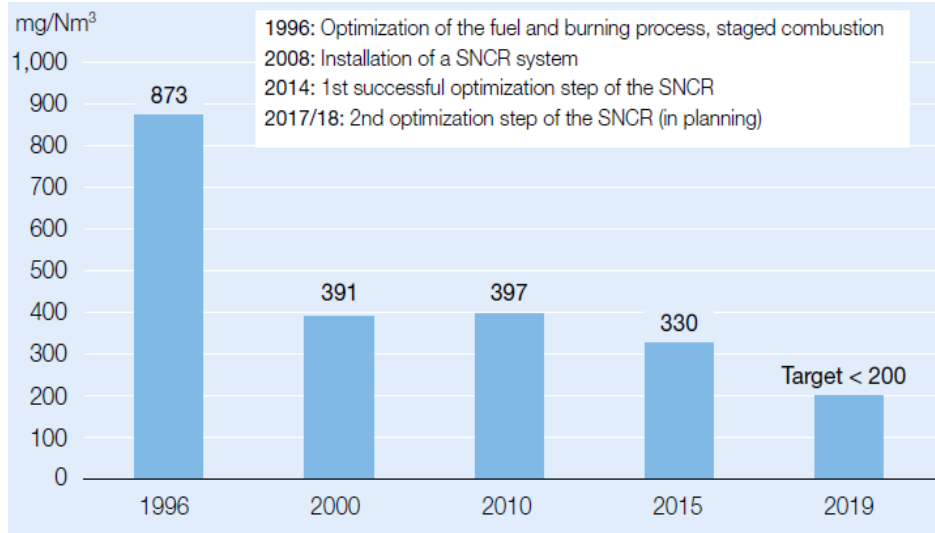
- 编制水泥厂引进污泥利用技术所需的手册（草案）
- 探讨水泥厂引进污泥利用技术所需的主要计划草案

示范项目的实施体制（草案）图

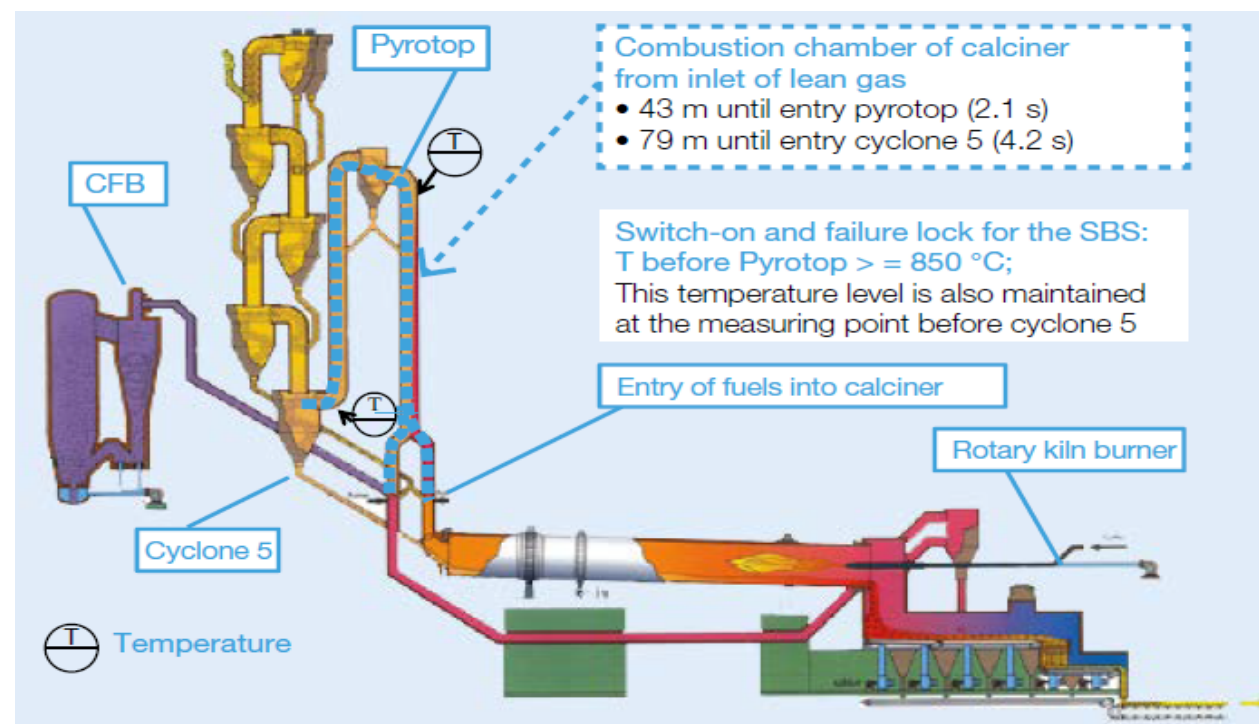
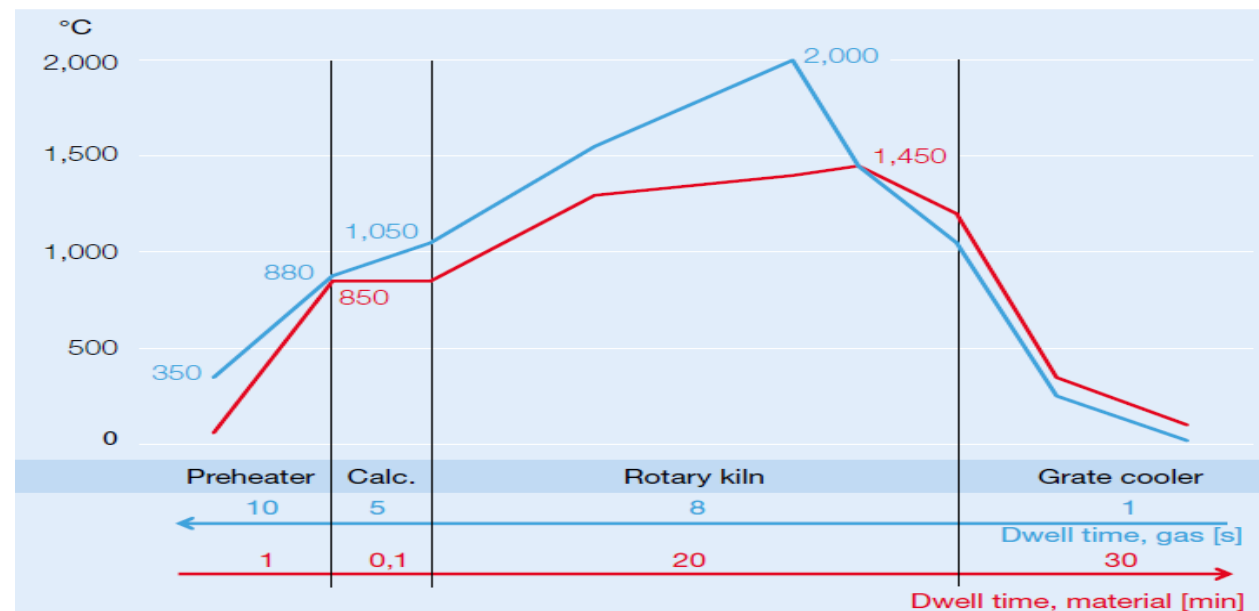


簡報大綱

- 前言
- 作為水泥生產過程的原燃料替代是趨勢
- 下水污泥的物化特性與水泥窯的利用作法
- 下水污泥導入水泥窯的製程問題
- 結論

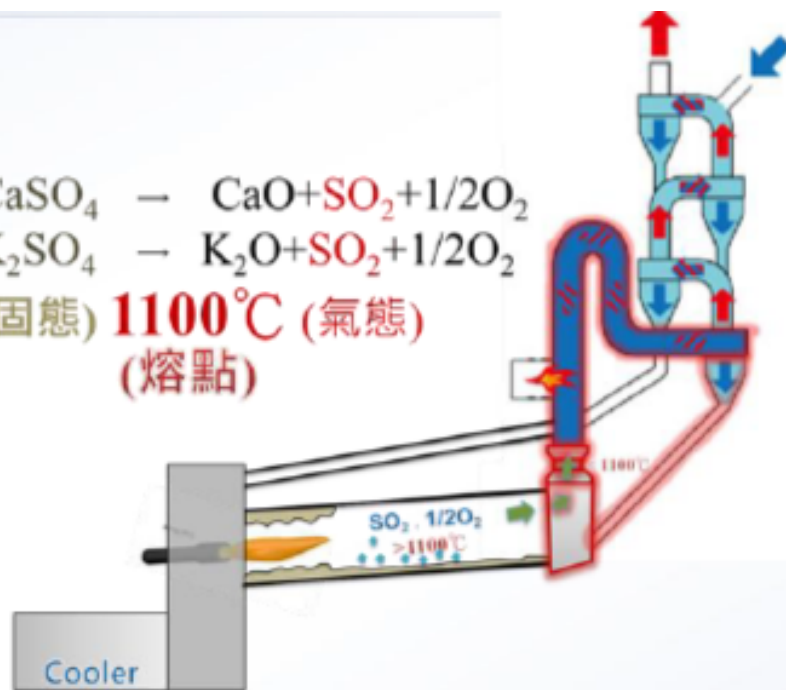
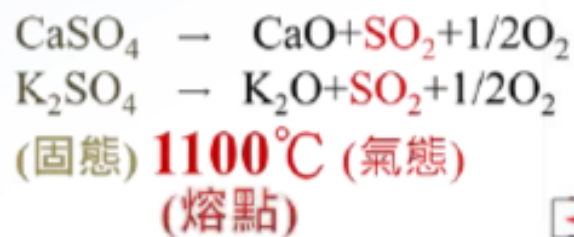
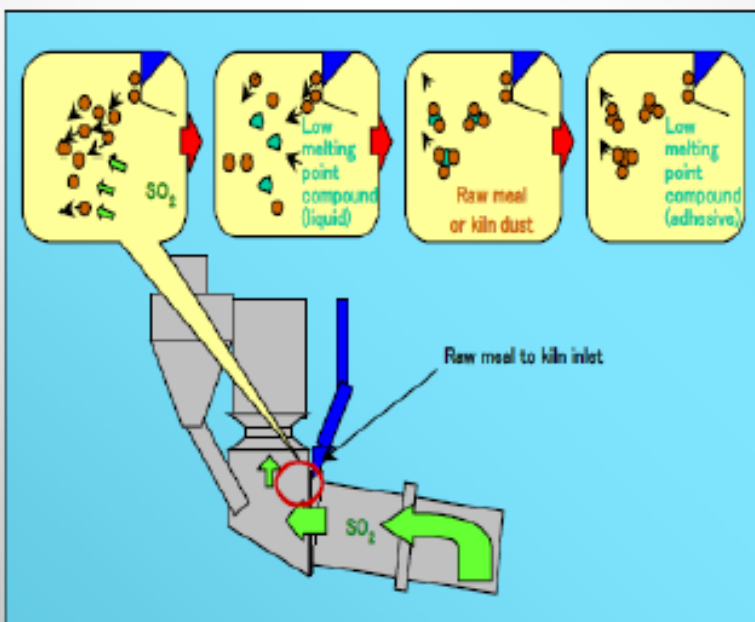


Parameter	Unit	Maximum additional load	Benchmark
Particulate matter	µg/m ³	0.18	40
SO ₂	µg/m ³	1.21	50
NO ₂	µg/m ³	0.25	40
Cadmium	ng/m ³	0.10	20
Lead	ng/m ³	0.56	500
HCl	µg/m ³	0.03	30
Mercury	ng/m ³	0.10	50
Arsenic	ng/m ³	0.097	6
Thallium	ng/m ³	0.206	100
Chrome	ng/m ³	0.453	17
Cobalt	ng/m ³	0.117	100
Copper	ng/m ³	0.599	10,000
Vanadium	ng/m ³	0.324	20
Manganese	ng/m ³	1.980	150
Antimony	ng/m ³	0.142	80
Tin	ng/m ³	0.148	1,000
PCDD/F	fg/m ³	0.34	150



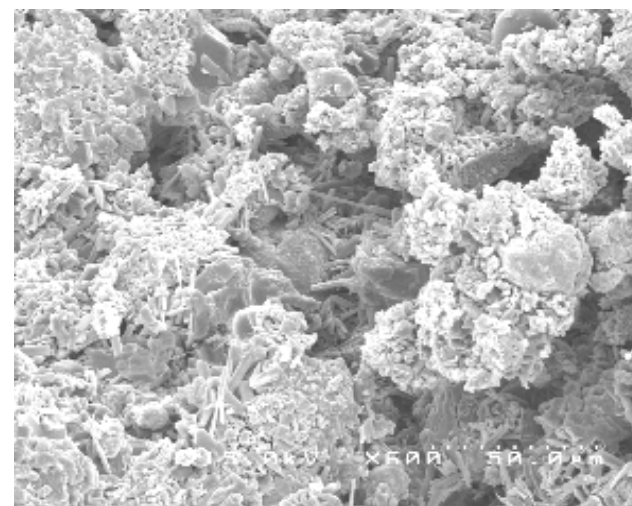
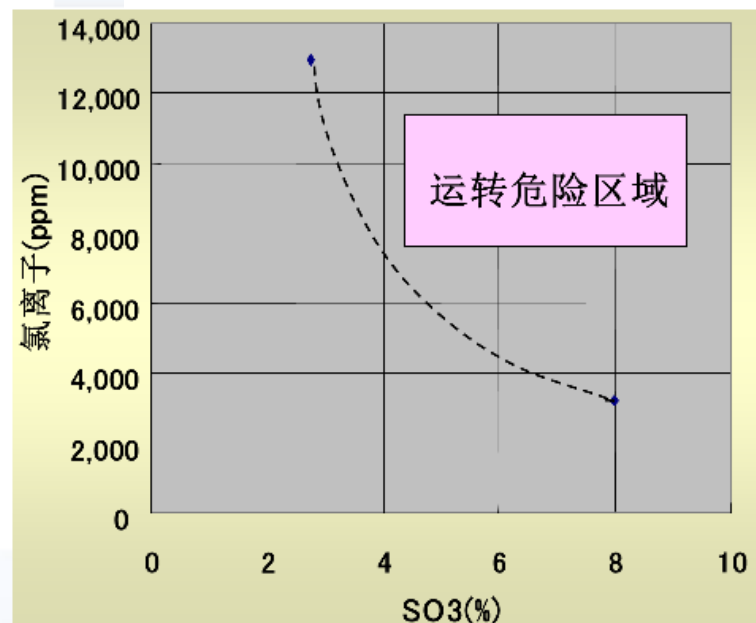
製程通道黏料

- 含硫物質偏高: SO_2
- 反應物: 生料 CaO
- 溫度: $900-1100^\circ\text{C}$
- CaSO_4 、 K_2SO_4 液相



含硫氣體因降溫使還原至固態
過程產生黏性Coating (黏料)。

- 設備改造C2生料(250°C) by pass → 窯尾。
- 引 250°C C2生料，扇形噴入窯尾可充分分散。
- 250°C 生料接觸含硫氣體，快速降溫，減少液相時間與量，達到減少黏料目的。
- 具黏性料，吸附於低溫熟生料，亦可減少管壁黏料。



因應下水污泥物化特性的配套措施

氯离子
硫化物

焚烧灰
产业废弃物
一般废弃物

①旁路除氯系统

②抑硫系

③喷煤管

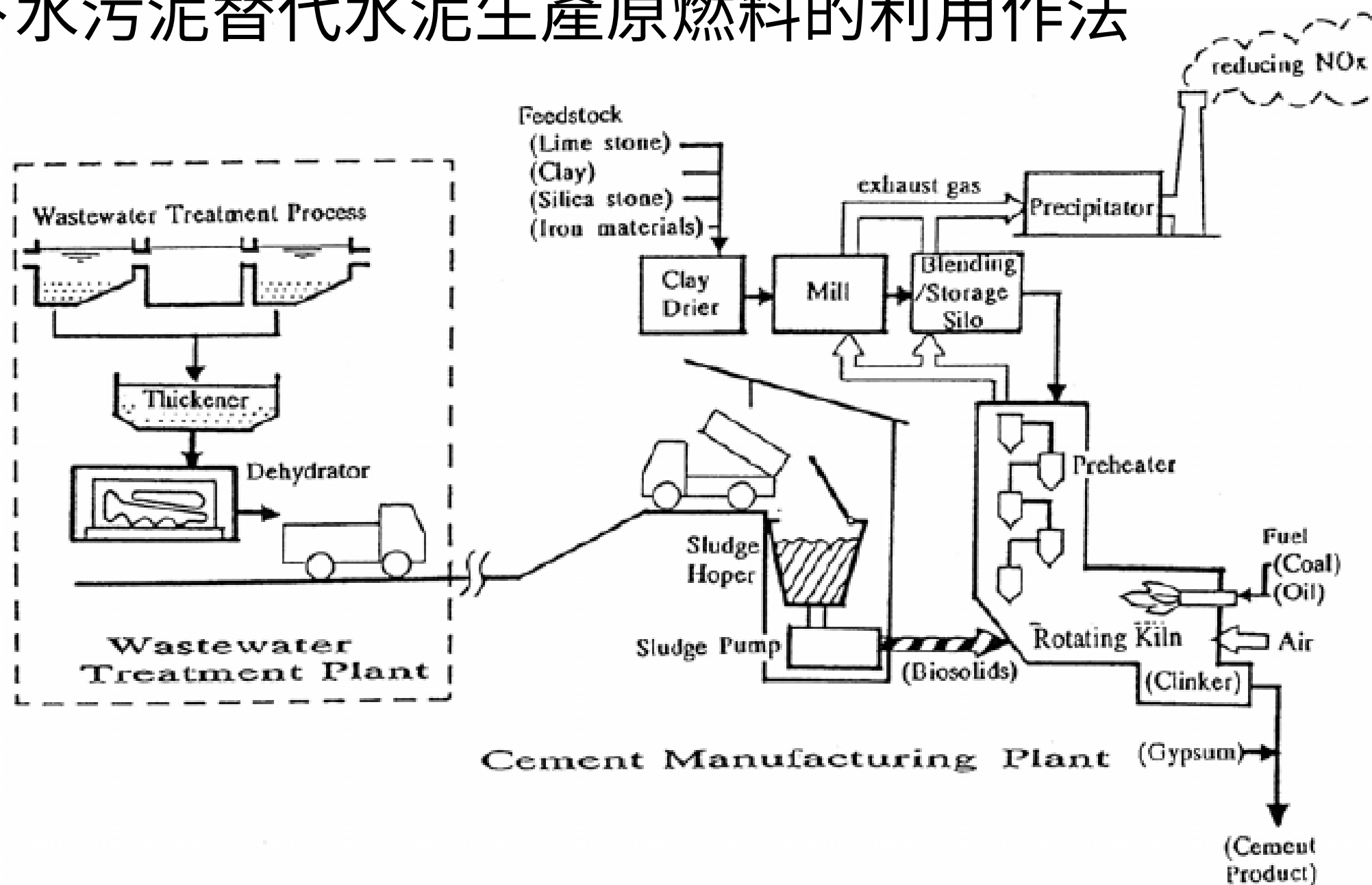
④低Nox窑尾喷煤管

⑤下水污泥干燥粉碎系统

低挥发性
低发热量

难燃性废弃物
无烟煤

下水污泥替代水泥生產原燃料的利用作法



簡報大綱

- 前言
- 作為水泥生產過程的原燃料替代是趨勢
- 下水污泥的物化特性與水泥窯的利用作法
- 下水污泥導入水泥窯的製程問題
- 結論

- 一併落實污泥**材料化、能源化**是水泥窯協同處理的特點；水泥廠協同處理是污泥處理的趨勢。
- 水泥廠餵料的**前處理系統**，是水泥廠協同處理的必要投資。
- 製程中**脫水除臭、減硫去氯**的配套設備，是水泥廠的投資重點。
- 水泥廠的原燃料應用，導入過程較久，但導入後**持續穩定**是特色。