

# **Small Scale Biomass Power Plant for Rural Electricity Production in Thailand**

**Dr. Weerachai Arjharn**

**Operating Unit of Energy and Environmental Engineering  
INSTITUTE OF ENGINEERING  
SURANAREE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY  
THAILAND  
24 JAN 2008**



## Outline of the presentation:

- About Suranaree University of Technology (SUT)
- Thailand Biomass Potential
- **Small Scale Biomass Gasification Pilot Plant in Thailand**



# About SUT

- **1<sup>st</sup> Autonomous University in Thailand**
- **Area:** 11.2 sq. km (276.7 Acre)
- **Location:** Nakorn Rachasima Province (Biggest Agricultural Area in Thailand)
- **Programs:** 20 Undergraduate programs, 23 graduate programs,
- **Cooperative Education**
- **Facilities:** CLREM, CSTE, CES, CCS, CIA
- **Institution:** R&D
- **Enterprises:** Univ. Farm, Techno polis







# Paddy Husk

**Paddy Rice**

**26,514,000 Ton/Yr**



**RPR = 0.23**

**Paddy Husk**

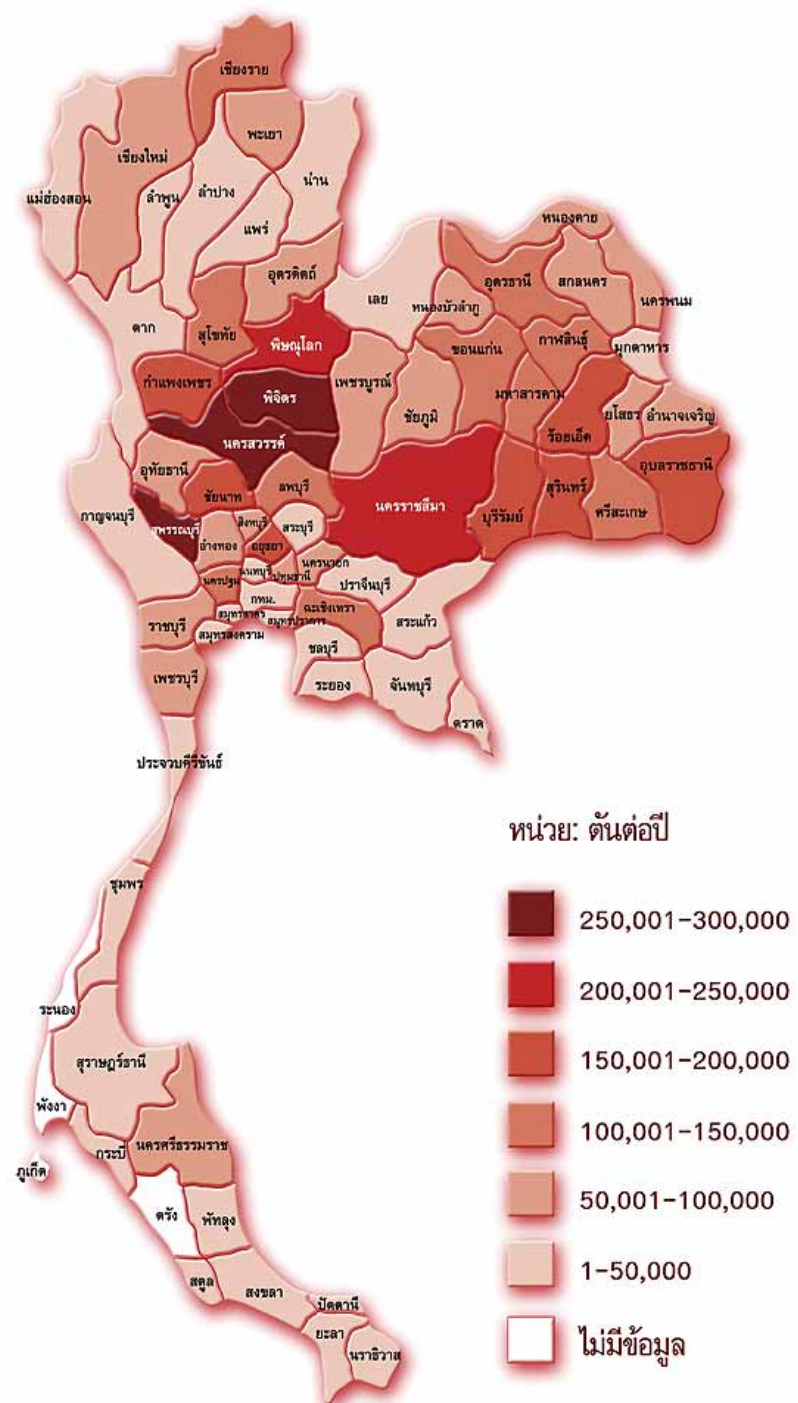
**6,098,220 Ton/Yr**



**9,800 Ton/MW**

**Electricity Generation**

**622 MW**





# Bagasse

Sugar cane

60,013,000 Ton/Yr

RPR = 0.291

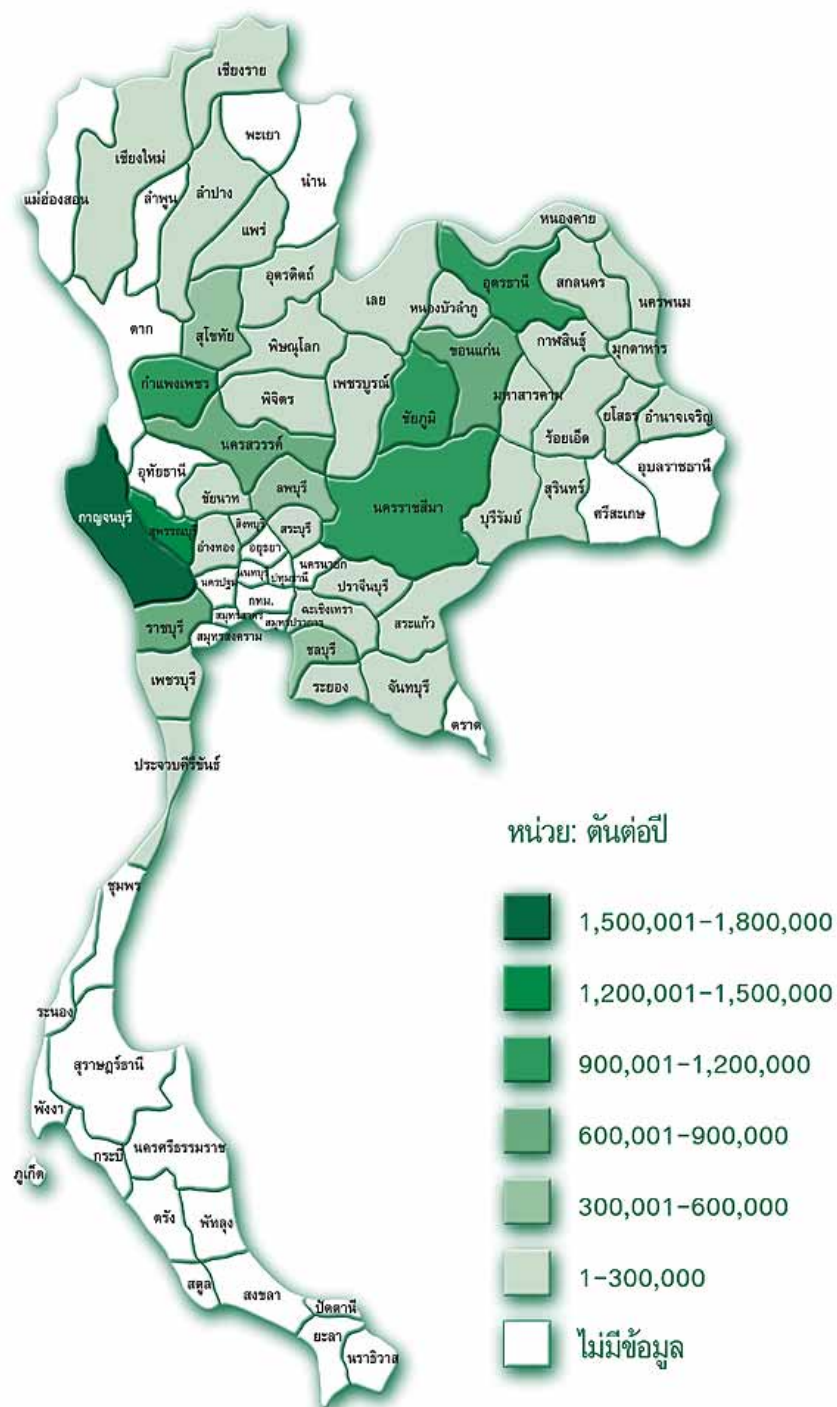
Bagasse

17,463,783 Ton/Yr

14,100 Ton/MW

Electricity Generation

1,238 MW







# Cassava stalk, rhizome

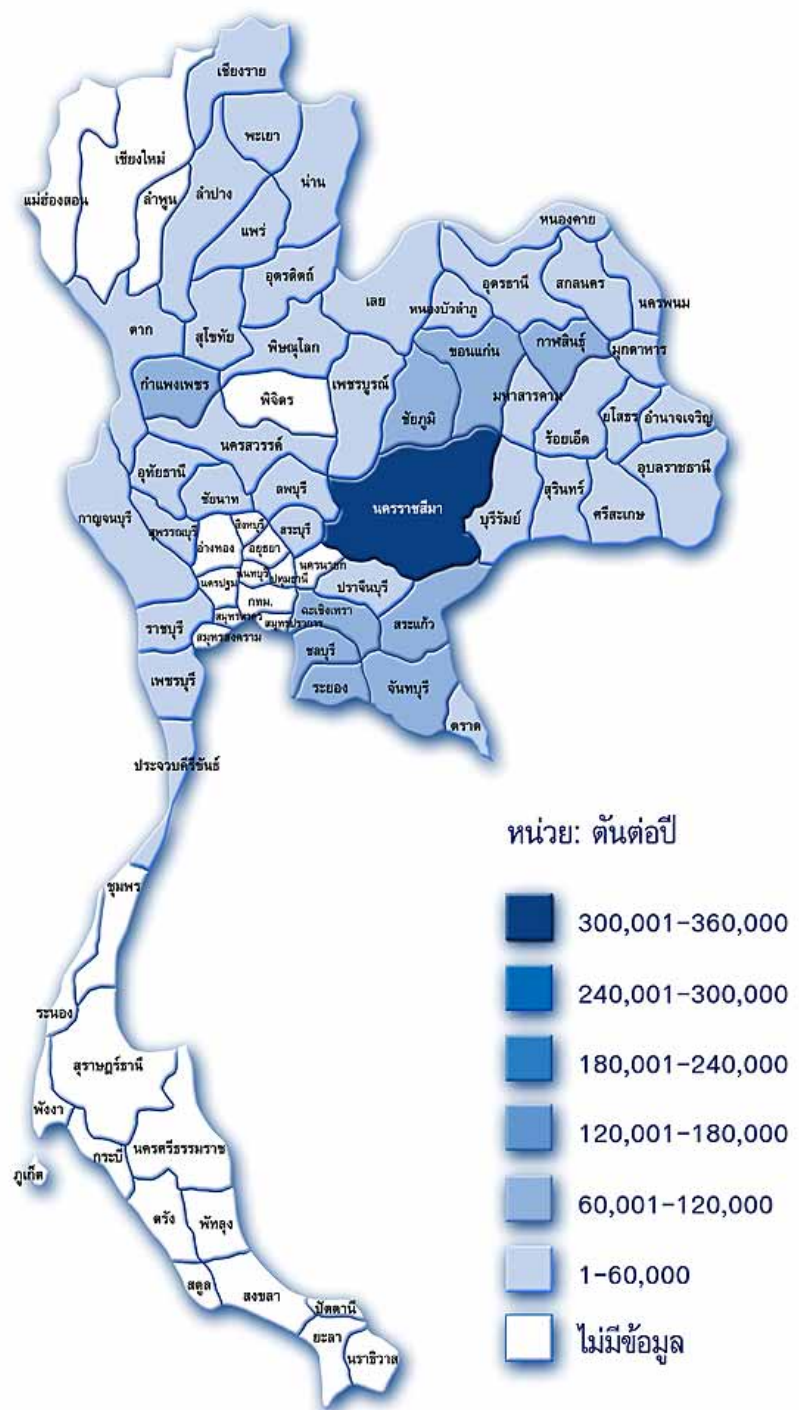
**Cassava**  
**16,868,000 Ton/Yr**

**RPR = 0.088**

**Cassava stalk, rhizome**  
**1,484,384 Ton/Yr**

**14,687 Ton/MW**

**Electricity Generation**  
**101 MW**





# Thailand Biomass Potential



ชานอ้อย



ใบอ้อย



ทางปาล์ม



แกลบ



ฟางข้าว



เหง้ามันสำปะหลัง

## Availability of Biomass, 2006

Biomass	Availability (ton)	Availability (ktoe)
Rice Straw	11,468,784.21	3,350.95
Cane Left	6,854,574.70	2,514.43
Cassava Rizhome	3,613,504.37	470.10
Palm Left	7,039,569.22	293.59
EFB	957,764.30	164.32
Para rubber root	969,554.00	150.95
Corn straw	2,394,527.90	113.48
Rice Husk	245,481.02	76.01
Corn cop	332,627.51	75.75
Para Rubber Stem	204,908.40	31.90
Palm fiber	113,734.51	31.80
Para Rubber residue	102,454.20	15.95

Source : E4E (2006)



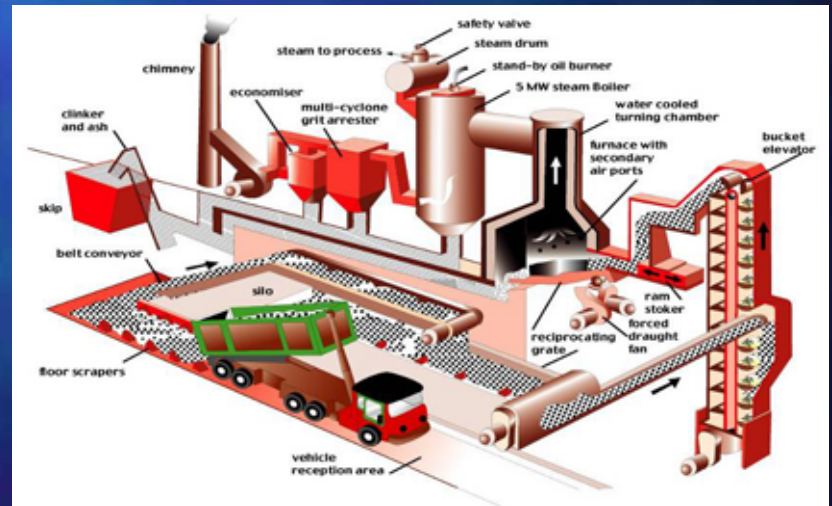
# The cost of Biomass fuel



## Biomass Characteristics

- Low calorific value
- High Moisture content
- Size distribution
- Low density
- Ash melting

## Cost of Collecting, Gathering and Transportation

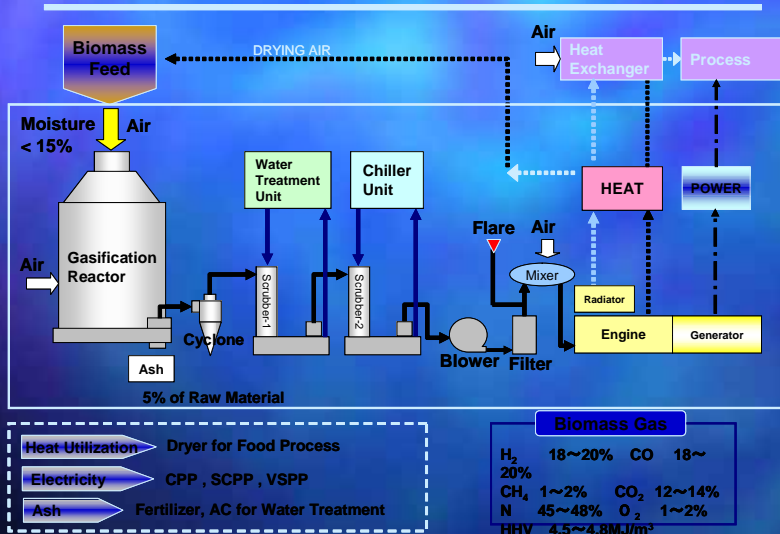




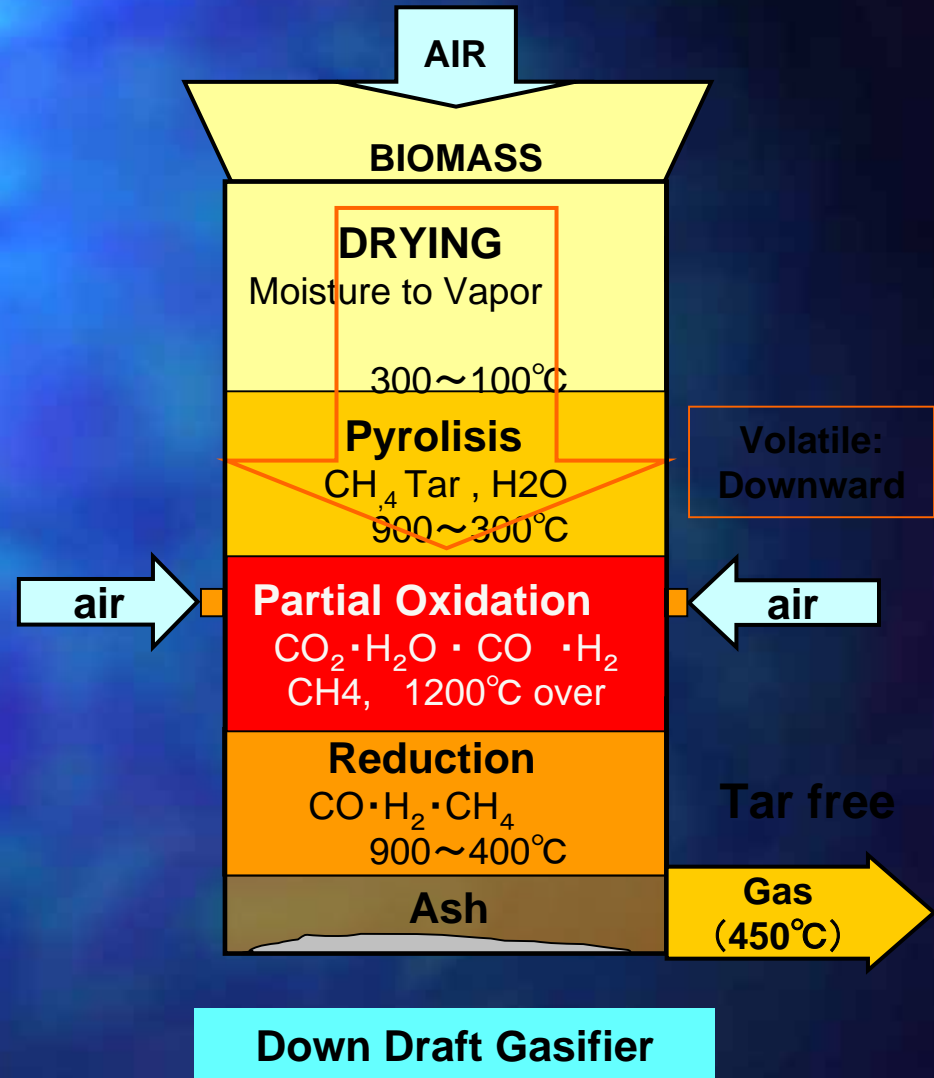
# Motivation

## Small Scale Concept

Flow of Biomass Gasification Power Plant



## Biomass Gasification





# Pilot Plant of 100KW in SUT-FARM

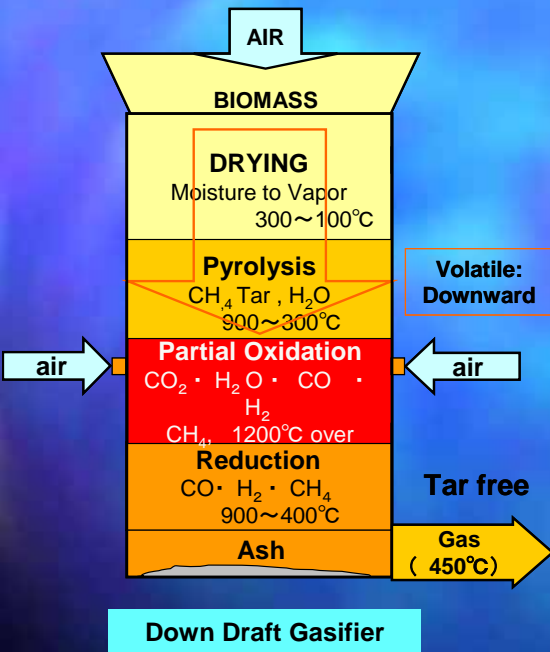


**GASIFICATION POWER PLANT**



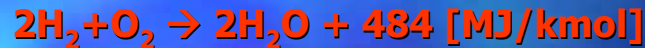
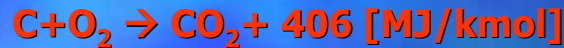


# Principle of Downdraft Gasification



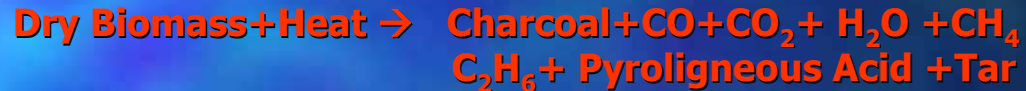
**Drying Zone (100-200 C)**

**Combustion หรือ Oxidation Zone (1000-1500 C)**

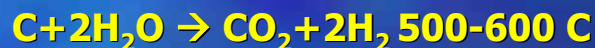


**(Heat source)**

**Pyrolysis หรือ Distillation Zone (300-900 C)**

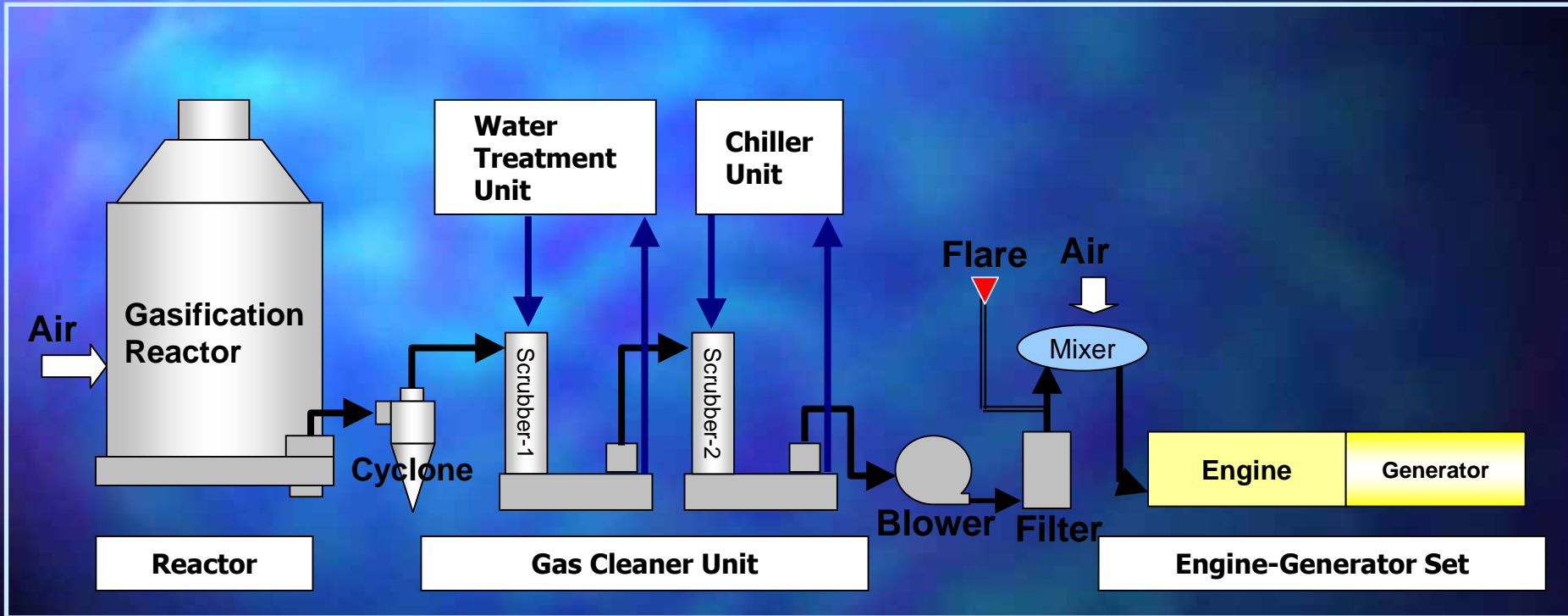


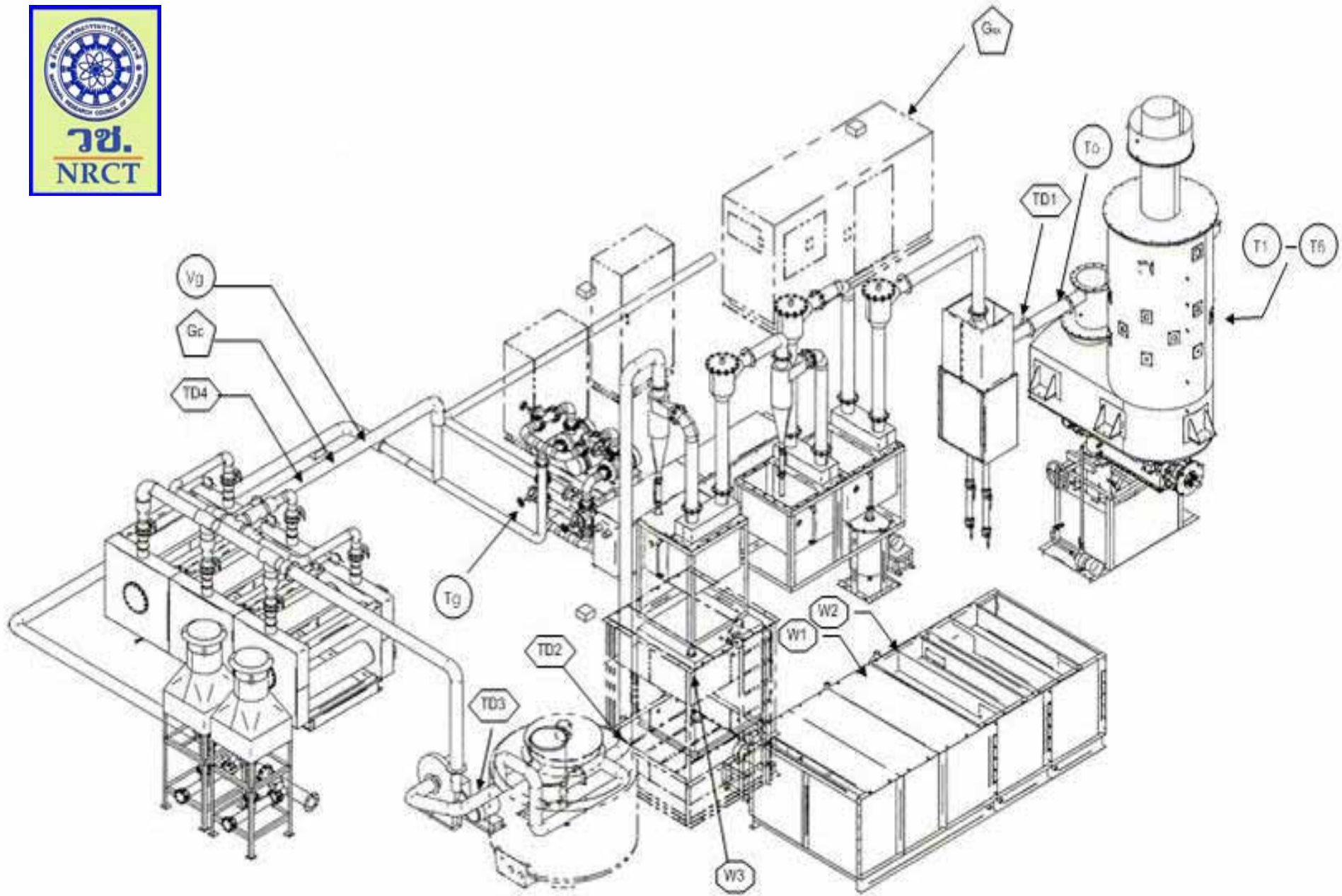
**Reduction Zone (400-900 C)**





# Gasification Process









# Main Component



Reactor



Cyclone Collector



Water Scrubber  
and Chiller Scrubber



Flocculation Tank



Waste Water Treatment  
(Close System)



Bag Filter Unit



Start Up Flare



Engine-generator  
Set



# Reactor

## REACTOR -

เตาผลิตก๊าซชีววมวล  
ทำหน้าที่ในการเผาไหม้  
ชีวมวล ตามกระบวนการ  
Gasification  
วัตถุดิบจะถูกป้อนเข้าเตาทาง  
ด้านบนขณะที่อากาศจะถูก  
จำกัดโดยการปรับวาล์วโด  
ยรอบ  
ให้อยู่ในสภาวะอับอากาศที่เ  
เหมาะสม

- Activated Carbon ( Bamboo, Coconuts)
- Amorphous Silica ash ( Rice husk ash)
- Char Coal (Wood , Carbonizer )
- Fertilizer Pellet (Ash + P, K )
- Fuel for Coking Stove
- Precipitate Silica from Husk Ash

**CO<sub>2</sub>** 12-14 %  
**CO** 18-20 %  
**CH<sub>4</sub>** 1-2 %  
**H<sub>2</sub>** 18-20 %  
**N<sub>2</sub>** 45-48 %  
**O<sub>2</sub>** 1-2 %

**HHV 4.6-4.8 MJ/m<sup>3</sup>**



Biomass



Producer gas

Ash



Ash Utilization



# Gas Cleaning System (Tar & Dust < 1 ppm)



**3** Bag filter unit -  
ทำหน้าที่ดักฝุ่นละอองที่มีอนุภาคขนาดเล็กเพื่อให้ได้ก๊าซที่สะอาดเพื่อนำเข้าเครื่องยนต์



**2** Water scrubber and chiller scrubber -  
ทำหน้าที่เป็นตัวดักจับน้ำมันดิน (Tar) และเศษฝุ่นละอองโดยใช้น้ำเป็นตัวดักจับซึ่งใช้ระบบการฉีดน้ำให้เป็นละอองฝอย



**1** Gas cyclone -  
จะทำหน้าที่ในการดักฝุ่นละอองที่ออกมากับก๊าซซึ่งได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลที่ส่งมาจากเตาผลิตก๊าซชีวมวล



# Waste Water Treatment (close system)



- 1** จะเป็นถังรับน้ำจาก water scrubber และ chiller scrubber ทุกตัว
- 2** จะรองรับน้ำส่วนใสที่ overflow มาและนำไปบำบัดด้วย flocculation tank
- 3** จะเป็นถังที่ผ่านการบำบัดและลดอุณหภูมิแล้ว



**flocculation tank**







# Internal Combustion Engine



## Diesel Engine

- Komatsu Engine
- 6 สูบ 150 hp



## Gas Engine

- 115 kVA

## Engine-Generator Set





# Measuring System & Equipment



Temperature  
 $T_1-T_6, T_o, T_g$



Gas Flow rate  $V_g$



Gas Composition GC



Flue Gas Analyzer  
 $G_{ex}$



Tar, dust  $T_{D1}-T_{D4}$



ตาชั่ง (ใช้วัด Ash Production)





# Tested Biomass



**Rice Husk**



**Cassava Bark**



**Coconut shell**



**Para Rubber Wood**



**Cassava Rhizome**



**Palm Branch**



**Eucalyptus Bark**



**Corn Cop**





# Tested Biomass

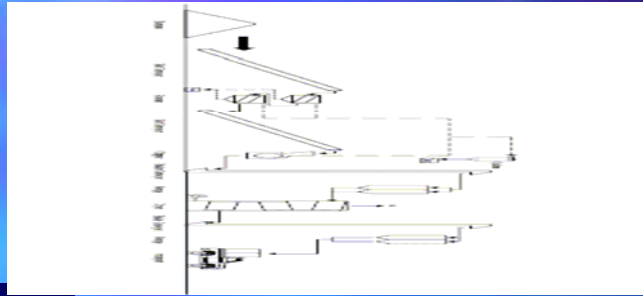


**Giant Leuceana**

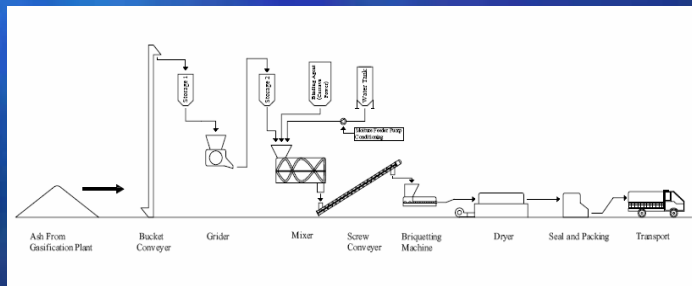
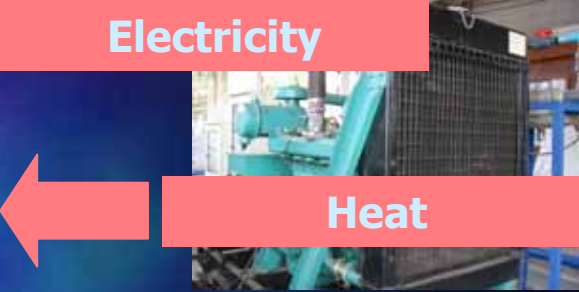


**Eucalyptus**





**Feedstock Production Plant**



**Briquetting Plant**



**Charcoal**



# Test Result

Biomass	Output Power (kW)	Gas Flow (m3/h)	Gas Properties			Biomass Consumption (kg/h)	Ash Production		Performance			
			HHV (MJ/Nm <sup>3</sup> )	Impurity (mg/Nm <sup>3</sup> )			kg/h	%	Gasification Efficiency %	Engine-generator Efficiency %	Electrical Efficiency %	Specific Biomass Consumption (kg/kw)
				Tar	Dust							
ไม้กระถินยักษ์	63.00	186	5.52	4.00	4.00	80.45	4.50	5.59	80.29	22.07	17.72	1.28
ไม้ยูคาลิปตัส	60.00	178	5.25	0.80	1.90	87.00	4.40	5.60	69.72	23.10	16.11	1.45
เปลือกไม้ยูคา	61.59	211	4.91	6.70	4.60	106.54	20.13	18.8	51.70	21.39	11.06	1.73
ไม้ยางพารา	60.00	177	5.48	22.30	11.70	92.50	8.00	8.65	53.75	22.20	11.93	1.54
ซังข้าวโพด	61.99	188	5.66	3.80	8.00	84.80	4.56	5.38	80.51	20.98	16.89	1.37
แกลบ	60.00	180	5.13	1.50	0.70	119.90	31.64	26.3	62.20	23.37	14.54	2.00
กะลามะพร้าว	61.62	168	5.45	3.00	2.20	90.75	12.68	13.9	63.38	24.19	15.34	1.47
ทางปาล์ม	63.00	195	5.07	0.10	0.10	88.00	13.50	15.3	76.03	22.94	13.66	1.40
เหง้ำมันสำปะหลัง	63.00	184	5.31	13.50	10.40	121.95	17.80	14.6	54.89	23.22	12.75	1.94
เปลือกมันสำปะหลัง	53.00	226	5.25	1.10	1.50	105.00	26.50	25.2	82.64	16.09	13.29	1.98





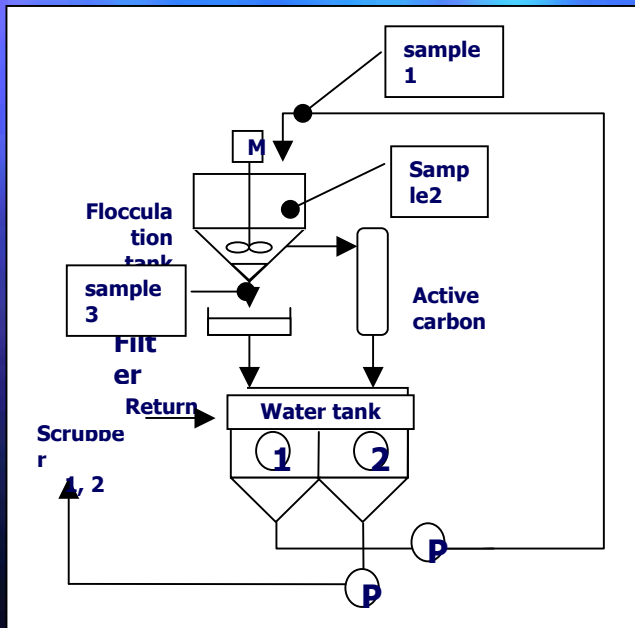
# Gas Composition

Gas Properties				
Gas composition (%)			HHV (MJ/Nm <sup>3</sup> )	Tar&dust (mg/Nm <sup>3</sup> )
CO	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>		
13-25	12-18	1-3	4.5-6.0	0-20



# Pollutant

1. Ash (Charcoal)
2. Waste water
3. Exhaust Gas Emission



biomass



Ash



**Close Loop Waste water treatment**

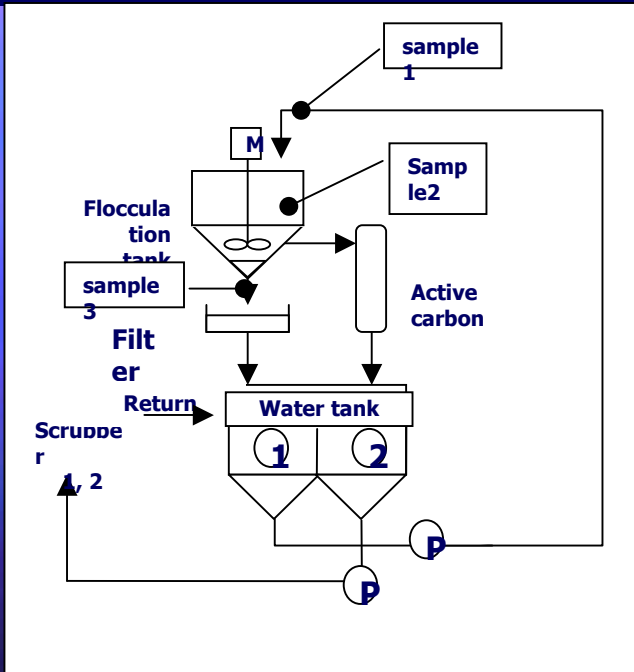
# Ash Properties

Ash source	Proximate Value					Ultimate Value					Iodine Number (mg/g)	Note
	%MC	%VM	%Ash	%FC	HHV, (MJ/kg)	%C	%H	%N	%S	%O		
ไม้กระถินยักษ์	2.44	6.39	14.23	76.94	14.14	86.58	4.88	1.30	0.14	7.11	201.08	Kathin-Yak (Wood)
ไม้ยูคาลิปตัส	0.15	7.03	8.55	84.27	29.81	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	318.18	Eucalyptus (Wood)
เปลือกไม้ยูคา	2.62	20.57	8.48	68.34	15.83	91.69	4.83	1.34	0.10	2.09	157.30	Eucalyptus (Bark)
ไม้ยางพารา	5.20	10.43	10.10	74.27	28.72	74.4	1.6	1.3	3.4	19.3	302.38	Para (Wood)
ซังข้าวโพด	1.03	10.00	7.64	81.33	29.28	83.05	4.34	1.69	0.02	10.9	262.58	Corn Cop
แกลบ	1.07	1.12	61.82	35.99	12.77	82.42	3.45	1.55	4.06	8.53	166.20	Rice Husk
กะลามะพร้าว	0.84	4.00	4.68	90.48	30.95	85.74	11.9	0.75	0.14	1.39	571.98	Coconut Shell
ทางปาล์ม	0.99	8.00	18.25	72.76	26.81	92.18	4.16	0.93	0.25	2.48	358.40	Palm Branch
เหง้ามันสำปะหลัง	3.44	8.07	22.49	66.00	15.13	67.4	1.7	1.7	2.28	26.8	307.10	Cassava Rhizome
เปลือกมันสำปะหลัง	0.48	3.74	56.67	39.11	23.25	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	131.94	Cassava Bark





# Waste Water Charecteristics (Giant Leuceana)



Parameter	Result (Average)		
	Sample 1	Sample 2	Sample 3
pH	7.5	7.7	7.5
Temperature(°C)	29	28	28
Color	Black	light yellow	Black
TSS (mg/l)	24.4	3.3	165.9
COD (mg/l)	626.3	554.6	1169.0
BOD (mg/l)	194.3	167.0	170.4
TKN (mg/l)	101.4	101.9	104.0
FOG (mg/l)	19.4	2.4	21.0



# Exhaust Gas Emission (Giant Leuceana)

## Engine Exhaust

Output Power (KW)	Temperature (°C)	CO <sub>2</sub> (ppm)	CO (ppm)	SO <sub>2</sub> (ppm)	NO <sub>2</sub> (ppm)	NO (ppm)	NO <sub>x</sub> (ppm)
0	550	0.867	154.687	ND*	0.100	5.976	6.081
20	610	1.608	244.704	ND*	0.148	16.704	16.875
40	650	2.384	377.238	ND*	0.214	24.352	24.573
60	690	3.983	583.176	ND*	1.194	62.381	63.581





# Thank You

- **Research Project and Coordination Division  
The National Research Council of Thailand**
- **Satake Corporation Co., Ltd. (Japan)**