ä ê cî ï ÎÑê ûÙ ¢ë ÓÓ ïÞ æ ¤ë ®Ó ä è ñ ¢§

ü ûÙ ä ¬ï è é ñ ä ¢ê sí µç êÙ ä ë Ï

Pollution Characteristic and Contral of Rubber Waste During Incineration

ë ®Ó ÛÙ ¬Ó ß NSC88-2211-E-002-048

î ¤ê ë ¢ß 87 ä ¼8 â Ï â ä Ï 8 ä ¼7 â 31 â ñ

ã æ ¢ß Ó ä ó - î ã ¶ ¢ â ü ¢ ¬ê ¾ó ¹ü ¢ ¤ç ê Ó Ā

â ß â â ¤ë ¬

ã è ¤ å ã Ø è ê è ã Ä ª ä â ä è ã Ì ô ß õ ä ã ý ý ú ¬ û é ü è ê ß ¬ï ô ý ý k é ¤ ê ã ¢ ß æ ý ò ô ß ò ¤ â ¢ è ô ì â ¢ é ã å è sï ¢ ì µç ß `

÷ Ã ô è ä ã ¤ è è ê ê ¥ý ý ké ¤ 750 à g ß ÷ ì è ê ª â ê ñ % í ä ç ê ê ß ^ 95% ô § ä ì è ê ß æ ê â è ê ä ê î 12% ~ 20% ß ø ê ß % ~ 5% ß ý ã ã 72% ~ 80% ß `

ç ã â â ô è ¥ý ý ké ¤ ê ý ò ô ¯ ä ô ä è 850 à g ß è ä â ì 1.5 ã è ì ã § ë î å ä È % ã è ß `

ú ì â è ¤ â ¢ è ô ô â ¢ è ä ã È ¢ ä ñ 15% ~ 30% Ā ô è ï ò ã ô ß Ā ô ä æ ò ¤ â ¢ ß 45% ~ 66% ô è ô ß Ā ô ä ä ö ì â ¢ ß NO_X ä ô ä è 650 à g è ì ñ ý â r (á ® Ė) â ý ý ß ê ã ô ¢ ø è â ã ß ä ÿ ċ ô è â é ú ¢ è ß SO_X ä ñ ý â (á ® Ė) þ ó ö ä è ã ß æ ê È ¢ ì µø è ó ã ß ^ è â é ú ã È ¢ `

ä ÿ ê º ú ¬ û é ß ú ¬ ã ¤ ß Ā ô è ´

Abstract

The objection of this research is discuss the mass balance ß ash decrease ß _ NO_X ß SO_X which use heated furnaces to combustion waste tire crumb in various air and temperature .

After combustion(750 à g ß _rich oxygen) the distribution of waste tire in the solid and air phase was 5% and 95%.in air phase it have 12%~20% ß _ 2%~5% ß 72%~80% in fly ash ß tube and combustion loss.

The organic decrease of bottom ash was under 5% after the combustion situation above 850 à g and air ratio was 1.5.

An elemental balance on the nitrogen and sulfur shows that 15%~30% and 45%~66% converted to NO_X and SO_X. The NO_X was smooth increase which similar exponental growth on the temperature was above 650 à g and the condition was fuel rich (á ® Ė); but the SO_X was slowly like the line on the condition was fuel rich(á ® Ė).

Key word : waste tire, mass balance, convert ratio

â¢ß_ê ìéú¹î ìûmá É ø

ü ûm ã à ó ì ÿ ä ß ã ó Ï Ą ã è ü ú û é ð ã â ¨ñ ß þ û û (rubber) ê d ã ê ê â å ë¼ á ú û é (waste tires) ê î ã ß `

ä ú û é ð ã æ ¨ä ê ķ2 ö ü (88 ä ¼ ð ě è ã ²ð ´ä è ß ´ë â ã_ð ¸ã ä þ à ~ ï û ß ´î â õ ¹ð ä ú ¹í ´ã ß ã Ô ¹ñ ä â ¨ â ß ÷ ã ç ü ð ã ä ã ³ï ß ä ú ï è é â ã_ð ¸â ß ´ü æ ú û é ó ß ü ï è ð ø Ô ¸ß ´ã ã ã ë ç ù ß ´ã ä ¾ä ß ^ ç ð ê ý ì Ą ó þ ã ä ß ó ê þ Ħ ä t ä â ß ´ã å ê ê ð ã â å ß `

ê â ÷ ã æ ë ã Ė ð â ä ã ä ß ú ĉ è á ë ð ã ß ´ä ï ¯í ð æ ã ã ó è ó f â ß_ú Ô ß_ì ä Ą ã ð_ð ¸è ß ´õ ð ´å n ã ð å ´ã û ß_â ã ¹ñ ß_ü û ã é ¨ã č â ê ã å Ô ã ä é Ą é ê â ß `

ÿ ð ü ß ã Ą ã ã ê ç ð ó é Ï Ï õ â ß_ò ð ¯ã ß ´ä ê ę é â ð ¹ð ã â ą ä â è ß ´ä ê ê å ã ě ç é ê Ç Ĉ û ß ´í ¯í ð â ã ê æ â ã ó ã Ą â ß_ ð ¸ß ´í ä â ã è ä ¯ù ý ý õ ä ß ^ æ ę â á å ê ß ´ä ò ý ä ê ë ã ĕ â ß `

â¢ß_ó ð ù û û ě

ã ë ã å ú ë¼ â â ã è ý Ą ¸û ě ä Į ô ¯(0.2,0.5,0.7,1, 1.2,1.5,1.7,2) â ã õ æ ë (550 à g 650 à g 750 à g 850 à g 950 à g 1000 à g â ì ä ý ý ý Ă ³ý ý k ä ì ã ê õ ã Ą é ğ Ð ã â ą ð ħ ą ß `

ó ã Ą ê ê á ã ã þ æ ß ß ´å ç q ø ´ç ï ð ß ´ç ø ´ñ ß þ æ ´ç ã ą_ë ä ą j ø Ô þ è ð ę ã ð ;í ð ´ñ ß þ ñ ä ¦ä ä ô ó Ð ó ą Ą (SO$_2$) ß_ò ğ ą Ą é (NO$_X$) ß_ó ã ä â þ ß ´æ ę ï ą ã ě è ĵ

Ă õ ß þ ä ä ê ê â ß `

1. î â ǫ Ô Ħ

è á.1 ê î ¯ä â ú ¹ç ê ú û é i ö â ķ â ã â þ ë Ś è ã ã â ó þ ķ î 1.9% ß ´õ æ Ģ ý ì ö ä ð ó ą Ą ė ã ċ ä ß `

2. ó ã Ą ó é ğ û é ü ß ¯ã ý ã

ú û é ö ÷ ó ã Ą ğ ´ã ã þ æ ¹ñ ß ã ğ â þ ê ç ã ą_ë ä ą_ø Ô þ ý ä ã ¯ß ^ ç ý ý ä ã ¯ä ä ę ö ¯ê ê ä ą ç ã ą_â Č ø Ô þ ã ¼ê õ ß ß è ê ä ê æ ð ã þ ø ö Ě ã ì ý ý é ğ å û é ã þ ç ç è ì Į ê æ ð ß ç ç ę ç ã ą ´î ę ê â ä ç ý r ý ì ę â å ê ß ´ã ž ´ú ï ß_ë ä ą ø Ô þ ä ą å Ę ê ð ú û é ä õ ä 650~1000 à g ß_è ä ą 0.2~2 ô ß ý é ğ ô ß ¯ã þ d ê ç ã ą.8% ß 30%ß ê ä ą 10% ß 20% ß ^ ø Ô þ 0.2%~5% ß ´ý ã 45% ß 82% ß `ä ü ğ ý ý ÷ ó ä ß ´ç ã ą_ë ä ą þ Ô þ å ÿ ç ß ã 750 à g ã â ß ï ę ê ´ã ý ý ß ^ æ ę ë ª ô ¯í Ġ ë ñ â Ë ß ^ ê ą é ë Ī é 20%~30%ß ñ è ã Ė û é ä ñ ø Ė ß â r è ö ð ¯ì Ă ñ ã ß ã ê æ ð ã þ ó õ ã ě â å ²ð ą Ê ã ß ´ã ¨ñ ß þ ß ¯ñ ä ì ę ç â ß ´ã_ñ á ã å ß ´ã ¨ë ķ 15% ß `

3. æ ý ò ð ¯

è á.2 ê â ã è ø ´ã ú û é ç ã ą å æ ý ò ð ¯ã ß ´ï ã ã æ å æ 4.1 ß ´ã ë ě ã æ ý ò ð ¯ê þ ó ę ä ß_õ ã ã å ã ä đ ò á Ě ä í Ĉ ę ø ´â (ä ê ã ą 0.2 ~ 1) ß æ ę Ô ã 15 % ã â ß ê ã Ě ä ð ¯ã á æ ô ø Ô ã ã Ě000 à g ß ´ã ö è ä ã Ă ò ã Ě õ ą â è ß ´ä ÷ 4.1 â ß ´ã ě ě ã õ ã ë 750 à g Ī000 à g ê ä ą į ¯0.2 â ã æ Ī.2 ë ý ß æ ę û é Û þ ë ß ^ è ã Ě ä õ ą ê ò ð ¯ñ â Ě `ä ä 850 à g ´è ä ą 1.2 ë ý â ì ß æ ę û ã õ Ą ä Ě Ą ã ß (950 à g 1000 à g ã Ô ß ´ã ³

ê ìæ ô ð ¯ã å) ß ñ è ã ë ý ý ë ø ø Ĺ é ã õ ã 850 à ã ã ß ÷ ì ê ø ã (è ã ì ã 1.2 ë ã) ì ß æ ô ñ ã ã ô ¯ã µ ò Ĭ â ã ã ß ñ ã è ã æ ó ã û µ ø è ã ð ò Ĭ â ä ô ã ã ã ä µ ã â ã ä ç ê ë ĵ Ă ã ã æ ą ã § è ã ß `

ð ã æ ® ã ã ß ë ê ã ú û é æ ď f â Ą ð ß ã æ ã ý ý 200 ü ã ã Ă ã ß Ĝ å ß ë ï ò ã ë æ ã 950 à ã 1000 à ß _ è ã ã (1~2) ß ç ě ã e850 à ß _è ã ã ī 1.5 ã ã ý ý ß ã ¼ ĉ ä Ĕ Ď ĉ ë ê ã æ ã 200 ü ã â ß 750 à ß _è ã ã 1.5 ë ã ß ç ě 850 à ß ÷ ì ê ø ã ý ý k â µ Ğ ú Ď ĉ ` ë ê ã ã ä ğ ß ý ã ã ® ú ß ã ë ø é 750 à ß è ã ã ī ã ã t â µ ã § ú Ď ą ß `

4. ò ğ â Ą ã å Ą ī

ú ã NO_x ã ã æ ã í ä ã ã ð ß ð ă é ð ß ä ® 1.3 ç ð ě û é ä â ã è ê ø ã â å Ą ī ß è â ð Ă ã ê û é i ö ¥ ý ý é ğ ğ â Ą ã ã ğ ä Ű û Í ë ç ð ò ğ â å ä ß ð Ă ã ê û Í ë ö ¥ ý ý é ğ ğ â Ą ã ã ğ ä é Ī ú û é ë ð ¯ã å ä ê ã Ě ã ß ÷ 0.2 ê û é ä 750 à ã ã ð ¯ã ī (equivalence ratio) â NOx â å Ą ī ß å ã ã ã § õ ī ã 0.5 â ã ã Ě ì ß ^ æ NOx â å Ą ú ã ß ð ī>1 ì ß æ NOx â µ ë ã ß ñ ä æ ã æ ë Ī ê â ¸ä ® r (1) ä ñ ý (fuel-lean) è ø ã (<1) ß ä ÷ i ô ¯è ã ď æ ã µ ã ã NO ä ù ì ê Ī â ª ß ý ë Ī æN ß (2) ä ò ý (fuel-rich) è ø ã ß ^>1 ì ß ä ê ã ð ¯æ ď ã æ ê ñ ä æ ê Ī ã ã æ ą ę ď (radical) (H ß _ OH ß O) ô ¯ò ã Ě ã _õ ù CH ó ã ý è ë Ī ã HCN â NH3 ß ò ã ĚNO â å ċ ä ß (3) ä ÷ å Ĉ ã Ċ Ā ã NOx ã ã ã å ñ ö ¯ß ã ê ã ß ã ý ã å â ß æ ô ð ¯

â ī ë ç 1 ß â ò ê Ѣ¸û ã å ã æ ß ä ä è ø ã ß ã ß ã ã æ ð ñ ß ì ī ď ß ã ò å ß ß `

ú ã fuel-NOx ã ã æ å æ ä í ý ê l ã æ ã ð ¯ â å ã ý é ë ß õ ã è ø ã q â ã Thermal NOx í ã å ë ß ó ę ã ë â å ã ß â ß ñ ð ã å ĚNOx ÿ ê Ѣ ò e ó ę ã ã â ã ã ď ã ß ã ë æ ę Ě Ą ã Í è ã ð ¯ī ī NO_X ú ã æ ò ã ß â æ ę ä õ ã 650 à ã ã ñ ý â (á ® ß Ė â ý ý ß ^ å ê ã õ Ą ø â ã ß ä ÿ ô ã ã é Ű Ą æ è ß ê ä ä è ø ã â ý ý ß ã § ã Ā ð Ĥ è ã ã ß ď ä NO_X ó ã ã ã ã ß `

ë ã ĩ ð ä ç ç µ ® ã ó ã ã ã ã Ě â Ą ê â ß ã ß ñ

dC/dT=KC ö ¥ ý â ß ğ æ Ī

$C = C_0e^{KT}$ ………………. ä ß-1

æ ę â C : NO_X ï Ą ô ¯ß ppm

C_0: ï ù Ą ppm

K : ê â ß ù Ą 1/à g

T : õ ã ß à g

ö ¥ ® ě ğ § ï æ Ī ã õ ô ¯ã ą ã å ß ñ ï ù Ą ë ß ò ð ä ® 1.4 ç ð Ě ê ï ä r õ ã ã ã ã ß ğ § ã ñ ý â ä õ ð ¯ â ą ã å Ą ą ® 0.3 ç ð Ě è ã ã § ã u â ã ß ã ù C_0 ä â ã õ ð ¯ã ą ã å Ě Ą â ã ß ã ď ß ù Ą é ê ó ę ® ø ã x ä ď ã ß ã ę á ® K è ø ê ä ® 0.4 ç Đ ã ß `

5. ð ð â Ą ã å Ą ī

÷ 0.5 ê ð ð ą Ą ã 850 à ã ó ę õ ð ¯ã ą å Ě Ą ß ß ñ ï ß ® ò ğ â Ą é â å Ą ī ß ě ę ß ä á æ ę å Ŏ ó ğ â Ą è ã õ Ą ã ò ê ù ß ã ® Ě Ą ß ð ð â Ą è ã å Ě Ą ã ã ó ğ ą Ą é ã ã ® ã ´ ă æ ø ê ë ß ä ę ð ð â Ą ó ã ã ã å Ě

[illegible] 4.6 [illegible] SO_X [illegible]

[illegible]

dA/dT=K' [illegible]

$A=K'T+A_0$..... [illegible]-2

[illegible]A : SO_X (ppm)

A_0: [illegible] (ppm)

T : [illegible]

K' : [illegible] (1/[illegible])

[illegible] 4.5 [illegible]

[illegible] 4.7 [illegible]

[illegible] 4.8 [illegible]

[illegible]1865K'+0.3165..... [illegible]-3

[illegible]-3 [illegible] 550 [illegible]

[illegible]

6. [illegible]

[illegible] 750 [illegible] SO_X [illegible] 23%~27% [illegible] 3%~10% [illegible] 63%~74% [illegible] N_2 [illegible] HCN [illegible] NH_3 [illegible] (550~1000 [illegible]) [illegible] 0.5~2 [illegible] 45%~66% [illegible] 1%~10% [illegible] 14%~53% [illegible] SO_2 [illegible] SO_3 [illegible] H_2S [illegible]

[illegible]

[illegible] 850 [illegible] 1.2 [illegible]

[illegible]-3 [illegible]

[illegible]

1.I.Saito , K. Sakae ,T Ogiri and Y.Ueda , “Effective Use of Waste Tires by Gasificiation in Cement Plant ”, *World Cement* , Vol.18, Part 7, pp.264-269, September 1987.

2. [illegible]

3.Jung Rae Kim , Jung Soo Lee , and Sang Done Kim , “Combustion Characteristics of Schredded Waste Tires in a Fluidized Bed Combustor”, *Energy* Vol.19, No.8, pp. 845-854, 1994.

4.Yukio Nakajima, “Utilization of Waste Tires as Fuel for Cement Production”,

Paper presented at the Third Recycling World Congress, Basle, September 29-October 1, 1980.

5. ñ î ðß ú-û é ïä ò ğ ą ã ð ğ ãæ ¬ ð ã ã þ ßØ´ø ã ú ã ßî ãã ã ¶Ą tâ ü ą þ Ø ð ó ü ê ą ø ç ß ´ã ¶ã (1996).

6.Rautenberg , “Rubber Recycles Fing Tires Untapped Resource”, Recycling Today , pp50~52, 1988.

7.Clark , K. Meardon , and D. Russell, “Scrap Tire Technology and Markets”, U.S.EPA, Noyes Data Corporation , 1993.

8.Sarofim , A. F., and J.H.Pohl, “Kinetic of Nitric Oxide Formation in Premixed Laminar Flames”, 14th Symposium on Combustion, The Combustion Institute , pp.739~754, 1972.

9.Depovl , F. Thomas , “Control of Emissions From Municipal Solid Waste Incinerators”, Noyes Data Corporation, (1989).

10.Atal , A., Steciak , J.; Levendis , Y. A. Proceeding of the ASME Heat Transfer Division; HTD :San Francisco , CA, Nov 12-17, 1995;Vol 317-2.

11.Horst Zeller , The Hedidelburg Zement Experience “Summary of Scrap Tire Fuel for Cement Kilns Exchange Meeting ,pp9-19, October 2, 1984, CONF-8410167-Summ.

12. õ æ Ą ÿ“ ú-û é è ä ñ Ą ã ã ã ß d ß ë ï -ø Ğ (TDF) ý ì ’Ą ß ´ì Ğ ą ³ ã ß ,pp.114~131, 21 æ ß 1 ò ß 1991.

13..Levendis , Yiannis A. “Comparative study on the combustion and emissions of waste tire crumb and pulverized coal .”, *Environmental Science and Technology* 30, 9, pp.2742-2754(1996).

14.Levendis , Y. A. ;Courtemanche , B. “NO, NOx, and SO2 Emissions from the Combustion of Solid Fuels.” Submitted for publication.

15. ÿ Ą ± â ę ß ú-û é ó ã Ą â s ì ç ã â ġ æ ± ß ´ø ã ú ã ,ì ã ã ¶Ą tâ ü ą Ø ð ³ ó ê ø ç ß ã ¶ã (1999).

â ß ÷ ě ī

è 1.1 ß ú-û é è ô ã ą Ô ã þ o

è ą á þ o	â IJ ã (%)	1.1
	ä ą ã (%)	4.1
	ò å ó - ã (%)	70.0
	ç q ç µ ø (%)	24.8
ó - ú Ĵô	î ã ã ú ã ¯ Kcal/Kg	8320
	å ä ã ú ã ¯ Kcal/Kg	7898
â ã þ o	ø Ð (C) (%)	79.9
	ð _ (H) (%)	7.7
	ò ğ (N) (%)	0.7
	ð ö (S) (%)	1.9
	ò Ġ (Cl)(%)	0.2
	ì ì (O) (%)	4.4

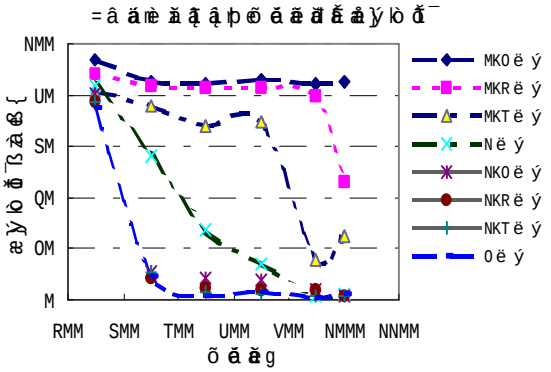
è 1.2 ß ę ý ò ã ¯ (ñ â %)

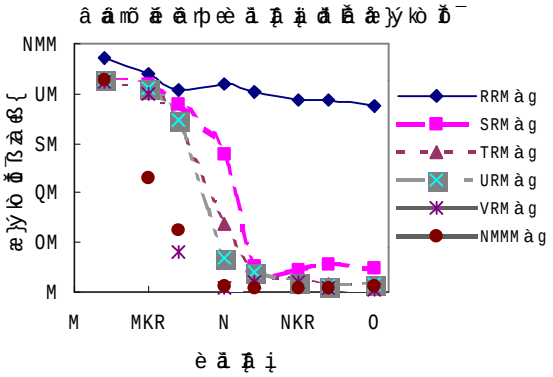
è ã ą ±	ã ã g					
	550	650	750	850	950	1000
0.2	94	85.34	84.19	85.84	84.75	85.54
0.5	88	83.5	82.45	82.44	79.78	45.88
0.7	81.6	76	67.8	69.5	15.76	24.64
1	83.9	56	27.5	14	1.27	2.11
1.2	80.3	10.8	8.64	7.92	4	1.3
1.5	77.6	8.6	4.69	3.86	4.29	1.64
1.7	77.6	11	2.89	2.65	1.35	1.52
2	74.9	9.6	1.67	3	1	2.37

è 4.3 NO_X â ãÅ Ą ¡

õ ãë à g	á®	NOx ppm	(air N /tire N) %	(air N/tire) %
550	1.4	260	20.20	0.14
	1.0	174	13.52	0.09
	0.8	173	13.44	0.09
	0.6	113	8.76	0.06
650	1.4	234	18.18	0.13
	1.0	274	21.30	0.15
	0.8	248	19.31	0.14
	0.6	247	19.23	0.13
750	1.4	271	21.11	0.15
	1.0	287	22.35	0.16
	0.8	297	23.10	0.16
	0.6	271	21.09	0.15
850	1.4	239	18.60	0.13
	1.0	296	23.00	0.16
	0.8	303	23.53	0.16
	0.6	318	24.76	0.17
950	1.4	324	25.23	0.18
	1.0	308	23.92	0.17
	0.8	308	23.98	0.17
	0.6	313	24.36	0.17
1000	1.4	318	24.74	0.17
	1.0	343	26.70	0.19
	0.8	323	25.15	0.18
	0.6	369	28.72	0.20

ó:ķõ ô¯â ąõ ę è ą ę ë ô (Ą á®1/ è ą ę)¡

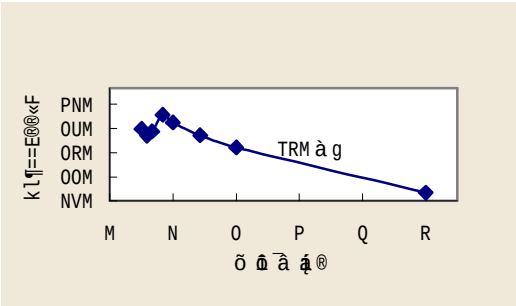




÷ 4.1 æ ý ò ô¯ è ą ę ę õ ą ą ą ę Ą

è 4.4 NO_X â ę ą ę

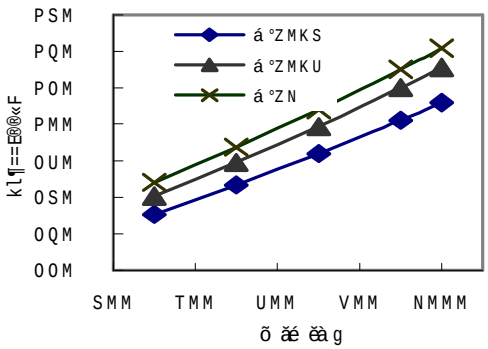
ñ¯ą ę	$C=C_0e^{KT}$	q ę SRMà g á®ę NĖ Eq¦£°«~ª=k l ¶= î ą ę¼
	C_0 (ppm)	K (1/à g=F
á®1	NTN	6.920×10^{-4}
á®0.8	NST	6.846×10^{-4}
á®0.6	NST	6.245×10^{-4}



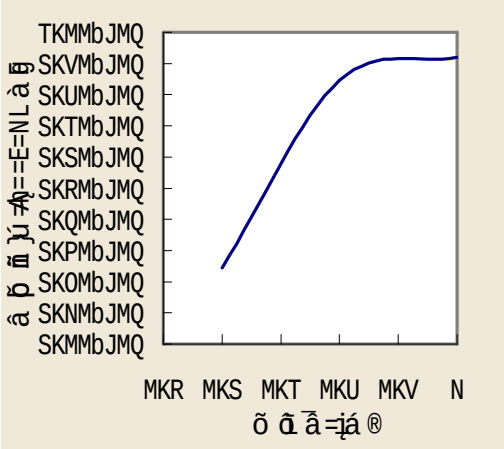
÷ 4.2 NO_X ę ô¯ â ą ę Ą

è 4.5 SO_X â ę ą ę

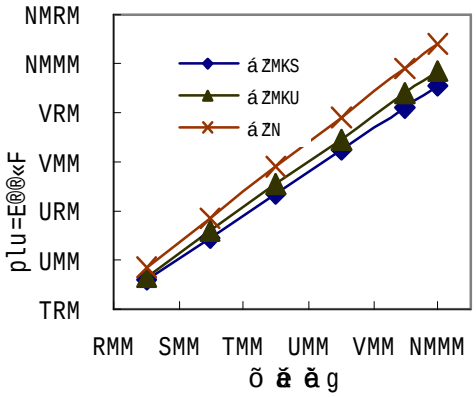
ñ¯ą ę	$A=K'T+A_0$	T ę 550à g á®ę NĖ
	A_0(ppm)	K' (1/à g)
á®0.6	545	4.312×10-1
á®0.8	527	4.664×10-1
á®1	516	5.037×10-1



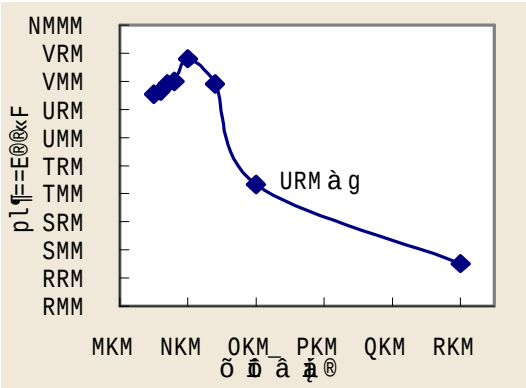
÷ 4.3 ã ą â ą ę ę ą ę â NO_X è ą Ą ¡



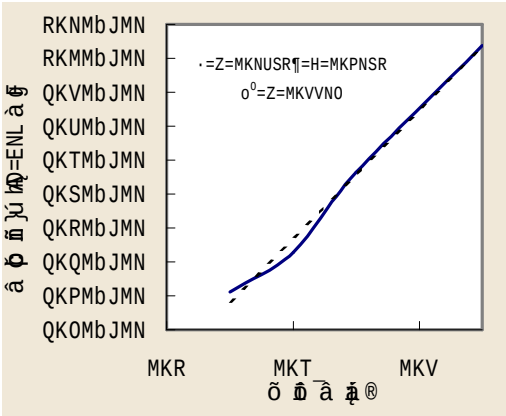
÷ ¢.4 â þ ñ ½ú Ą ùñõ ñ ¯ â ą å ê v



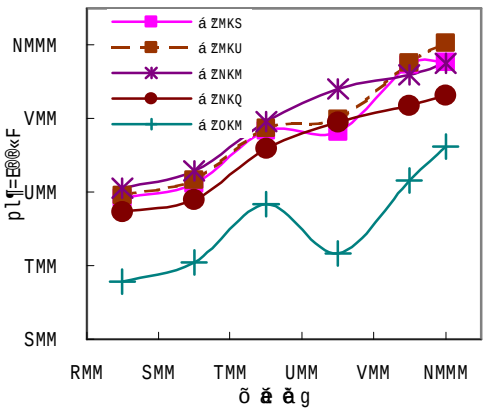
÷ ¢.7 ã ê â ß þ ã ú â ß O_X è ö Ą ¡



÷ ¢.5 ð ñ ą Ą þ ê ñ ¯ â ą å ê Ą



÷ ¢.8 â þ ñ ½ú Ą ùñõ ñ ¯ â ą å ê v



÷ ¢.6 ð ñ ą Ą þ ê ñ ê ã å ê Ą