

# 下水汚泥の熱処理と加圧脱水に関する研究

東北大学 松本順一郎  
東北工業大学 大沼正郎

## 1. はじめに

下水汚泥に水分および有機物が大量に含まれていることに注目し、ビートの改質方法（加熱法）<sup>1)</sup>を下水汚泥処理の前処理として Huddersfield 下水処理場と使われてから、イギリス、スイスなどヨーロッパ各国で本法が使われている。我国においてもここ数年間、大阪府、札幌市などで実際の規模の研究がおこなわれていて、年度内には横浜市においてもこれがおこなわれようとしている。下水汚泥の加熱処理は湿式酸化法、熱処理法等に分類されるが、後者にこの検討する。後者はこのとき常圧で 80℃～100℃の反応温度で処理する Thermofloc 法<sup>2)</sup>にこの検討はしない。

本研究では、熱処理の原理、外国における最近の熱処理装置の設計値を外国の文献が紹介し、その後、筆者等がおこなった実験的研究を報告する。

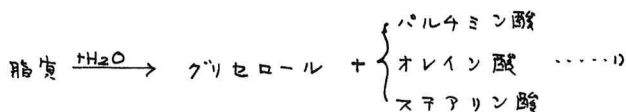
実験は汚泥を熱処理後、加圧ろ過をおこなって、熱処理汚泥の沈降性、脱水性、ケーキ性状を検討し、その後、熱処理分離液、加圧ろ過ろ液について検討を加えたものである。<sup>4)</sup>

## 2. 熱処理の原理<sup>5)</sup>

下水汚泥の熱処理は Heat Synthesis という原理に基づいている。熱処理をすることにより、下水汚泥の衝突回数が多くなり、凝集性が高くなり、蛋白質の変性による凝固、ゲル構造の破壊、細胞の分解により、高分子化合物を低分子物質にするこにより、熱処理汚泥の脱水が容易になる。汚泥の有機物の組成は炭水化物 22.2%、蛋白質 47.0%、脂質 18.7% および RNA 7.7% であるといわれている。熱処理により、これは次のようになる。

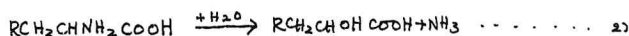
### 1) 脂質

脂質あるものはアルカリの条件下で次のように加水分解される。

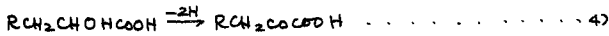
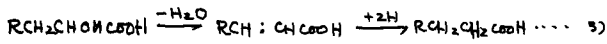


### 2) 蛋白質

アミノ酸は以下に示すように、酸、アンモニア、炭酸ガスに分解される。



2) 式と 3) 式、4) 式と 5) 式と 6) 式と 7) 式と 8) 式と 9) 式と 10) 式と 11) 式と 12) 式と 13) 式と 14) 式と 15) 式と 16) 式と 17) 式と 18) 式と 19) 式と 20) 式と 21) 式と 22) 式と 23) 式と 24) 式と 25) 式と 26) 式と 27) 式と 28) 式と 29) 式と 30) 式と 31) 式と 32) 式と 33) 式と 34) 式と 35) 式と 36) 式と 37) 式と 38) 式と 39) 式と 40) 式と 41) 式と 42) 式と 43) 式と 44) 式と 45) 式と 46) 式と 47) 式と 48) 式と 49) 式と 50) 式と 51) 式と 52) 式と 53) 式と 54) 式と 55) 式と 56) 式と 57) 式と 58) 式と 59) 式と 60) 式と 61) 式と 62) 式と 63) 式と 64) 式と 65) 式と 66) 式と 67) 式と 68) 式と 69) 式と 70) 式と 71) 式と 72) 式と 73) 式と 74) 式と 75) 式と 76) 式と 77) 式と 78) 式と 79) 式と 80) 式と 81) 式と 82) 式と 83) 式と 84) 式と 85) 式と 86) 式と 87) 式と 88) 式と 89) 式と 90) 式と 91) 式と 92) 式と 93) 式と 94) 式と 95) 式と 96) 式と 97) 式と 98) 式と 99) 式と 100) 式と 101) 式と 102) 式と 103) 式と 104) 式と 105) 式と 106) 式と 107) 式と 108) 式と 109) 式と 110) 式と 111) 式と 112) 式と 113) 式と 114) 式と 115) 式と 116) 式と 117) 式と 118) 式と 119) 式と 120) 式と 121) 式と 122) 式と 123) 式と 124) 式と 125) 式と 126) 式と 127) 式と 128) 式と 129) 式と 130) 式と 131) 式と 132) 式と 133) 式と 134) 式と 135) 式と 136) 式と 137) 式と 138) 式と 139) 式と 140) 式と 141) 式と 142) 式と 143) 式と 144) 式と 145) 式と 146) 式と 147) 式と 148) 式と 149) 式と 150) 式と 151) 式と 152) 式と 153) 式と 154) 式と 155) 式と 156) 式と 157) 式と 158) 式と 159) 式と 160) 式と 161) 式と 162) 式と 163) 式と 164) 式と 165) 式と 166) 式と 167) 式と 168) 式と 169) 式と 170) 式と 171) 式と 172) 式と 173) 式と 174) 式と 175) 式と 176) 式と 177) 式と 178) 式と 179) 式と 180) 式と 181) 式と 182) 式と 183) 式と 184) 式と 185) 式と 186) 式と 187) 式と 188) 式と 189) 式と 190) 式と 191) 式と 192) 式と 193) 式と 194) 式と 195) 式と 196) 式と 197) 式と 198) 式と 199) 式と 200) 式と 201) 式と 202) 式と 203) 式と 204) 式と 205) 式と 206) 式と 207) 式と 208) 式と 209) 式と 210) 式と 211) 式と 212) 式と 213) 式と 214) 式と 215) 式と 216) 式と 217) 式と 218) 式と 219) 式と 220) 式と 221) 式と 222) 式と 223) 式と 224) 式と 225) 式と 226) 式と 227) 式と 228) 式と 229) 式と 230) 式と 231) 式と 232) 式と 233) 式と 234) 式と 235) 式と 236) 式と 237) 式と 238) 式と 239) 式と 240) 式と 241) 式と 242) 式と 243) 式と 244) 式と 245) 式と 246) 式と 247) 式と 248) 式と 249) 式と 250) 式と 251) 式と 252) 式と 253) 式と 254) 式と 255) 式と 256) 式と 257) 式と 258) 式と 259) 式と 260) 式と 261) 式と 262) 式と 263) 式と 264) 式と 265) 式と 266) 式と 267) 式と 268) 式と 269) 式と 270) 式と 271) 式と 272) 式と 273) 式と 274) 式と 275) 式と 276) 式と 277) 式と 278) 式と 279) 式と 280) 式と 281) 式と 282) 式と 283) 式と 284) 式と 285) 式と 286) 式と 287) 式と 288) 式と 289) 式と 290) 式と 291) 式と 292) 式と 293) 式と 294) 式と 295) 式と 296) 式と 297) 式と 298) 式と 299) 式と 300) 式と 301) 式と 302) 式と 303) 式と 304) 式と 305) 式と 306) 式と 307) 式と 308) 式と 309) 式と 310) 式と 311) 式と 312) 式と 313) 式と 314) 式と 315) 式と 316) 式と 317) 式と 318) 式と 319) 式と 320) 式と 321) 式と 322) 式と 323) 式と 324) 式と 325) 式と 326) 式と 327) 式と 328) 式と 329) 式と 330) 式と 331) 式と 332) 式と 333) 式と 334) 式と 335) 式と 336) 式と 337) 式と 338) 式と 339) 式と 340) 式と 341) 式と 342) 式と 343) 式と 344) 式と 345) 式と 346) 式と 347) 式と 348) 式と 349) 式と 350) 式と 351) 式と 352) 式と 353) 式と 354) 式と 355) 式と 356) 式と 357) 式と 358) 式と 359) 式と 360) 式と 361) 式と 362) 式と 363) 式と 364) 式と 365) 式と 366) 式と 367) 式と 368) 式と 369) 式と 370) 式と 371) 式と 372) 式と 373) 式と 374) 式と 375) 式と 376) 式と 377) 式と 378) 式と 379) 式と 380) 式と 381) 式と 382) 式と 383) 式と 384) 式と 385) 式と 386) 式と 387) 式と 388) 式と 389) 式と 390) 式と 391) 式と 392) 式と 393) 式と 394) 式と 395) 式と 396) 式と 397) 式と 398) 式と 399) 式と 400) 式と 401) 式と 402) 式と 403) 式と 404) 式と 405) 式と 406) 式と 407) 式と 408) 式と 409) 式と 410) 式と 411) 式と 412) 式と 413) 式と 414) 式と 415) 式と 416) 式と 417) 式と 418) 式と 419) 式と 420) 式と 421) 式と 422) 式と 423) 式と 424) 式と 425) 式と 426) 式と 427) 式と 428) 式と 429) 式と 430) 式と 431) 式と 432) 式と 433) 式と 434) 式と 435) 式と 436) 式と 437) 式と 438) 式と 439) 式と 440) 式と 441) 式と 442) 式と 443) 式と 444) 式と 445) 式と 446) 式と 447) 式と 448) 式と 449) 式と 450) 式と 451) 式と 452) 式と 453) 式と 454) 式と 455) 式と 456) 式と 457) 式と 458) 式と 459) 式と 460) 式と 461) 式と 462) 式と 463) 式と 464) 式と 465) 式と 466) 式と 467) 式と 468) 式と 469) 式と 470) 式と 471) 式と 472) 式と 473) 式と 474) 式と 475) 式と 476) 式と 477) 式と 478) 式と 479) 式と 480) 式と 481) 式と 482) 式と 483) 式と 484) 式と 485) 式と 486) 式と 487) 式と 488) 式と 489) 式と 490) 式と 491) 式と 492) 式と 493) 式と 494) 式と 495) 式と 496) 式と 497) 式と 498) 式と 499) 式と 500) 式と 501) 式と 502) 式と 503) 式と 504) 式と 505) 式と 506) 式と 507) 式と 508) 式と 509) 式と 510) 式と 511) 式と 512) 式と 513) 式と 514) 式と 515) 式と 516) 式と 517) 式と 518) 式と 519) 式と 520) 式と 521) 式と 522) 式と 523) 式と 524) 式と 525) 式と 526) 式と 527) 式と 528) 式と 529) 式と 530) 式と 531) 式と 532) 式と 533) 式と 534) 式と 535) 式と 536) 式と 537) 式と 538) 式と 539) 式と 540) 式と 541) 式と 542) 式と 543) 式と 544) 式と 545) 式と 546) 式と 547) 式と 548) 式と 549) 式と 550) 式と 551) 式と 552) 式と 553) 式と 554) 式と 555) 式と 556) 式と 557) 式と 558) 式と 559) 式と 560) 式と 561) 式と 562) 式と 563) 式と 564) 式と 565) 式と 566) 式と 567) 式と 568) 式と 569) 式と 570) 式と 571) 式と 572) 式と 573) 式と 574) 式と 575) 式と 576) 式と 577) 式と 578) 式と 579) 式と 580) 式と 581) 式と 582) 式と 583) 式と 584) 式と 585) 式と 586) 式と 587) 式と 588) 式と 589) 式と 590) 式と 591) 式と 592) 式と 593) 式と 594) 式と 595) 式と 596) 式と 597) 式と 598) 式と 599) 式と 600) 式と 601) 式と 602) 式と 603) 式と 604) 式と 605) 式と 606) 式と 607) 式と 608) 式と 609) 式と 610) 式と 611) 式と 612) 式と 613) 式と 614) 式と 615) 式と 616) 式と 617) 式と 618) 式と 619) 式と 620) 式と 621) 式と 622) 式と 623) 式と 624) 式と 625) 式と 626) 式と 627) 式と 628) 式と 629) 式と 630) 式と 631) 式と 632) 式と 633) 式と 634) 式と 635) 式と 636) 式と 637) 式と 638) 式と 639) 式と 640) 式と 641) 式と 642) 式と 643) 式と 644) 式と 645) 式と 646) 式と 647) 式と 648) 式と 649) 式と 650) 式と 651) 式と 652) 式と 653) 式と 654) 式と 655) 式と 656) 式と 657) 式と 658) 式と 659) 式と 660) 式と 661) 式と 662) 式と 663) 式と 664) 式と 665) 式と 666) 式と 667) 式と 668) 式と 669) 式と 670) 式と 671) 式と 672) 式と 673) 式と 674) 式と 675) 式と 676) 式と 677) 式と 678) 式と 679) 式と 680) 式と 681) 式と 682) 式と 683) 式と 684) 式と 685) 式と 686) 式と 687) 式と 688) 式と 689) 式と 690) 式と 691) 式と 692) 式と 693) 式と 694) 式と 695) 式と 696) 式と 697) 式と 698) 式と 699) 式と 700) 式と 701) 式と 702) 式と 703) 式と 704) 式と 705) 式と 706) 式と 707) 式と 708) 式と 709) 式と 710) 式と 711) 式と 712) 式と 713) 式と 714) 式と 715) 式と 716) 式と 717) 式と 718) 式と 719) 式と 720) 式と 721) 式と 722) 式と 723) 式と 724) 式と 725) 式と 726) 式と 727) 式と 728) 式と 729) 式と 730) 式と 731) 式と 732) 式と 733) 式と 734) 式と 735) 式と 736) 式と 737) 式と 738) 式と 739) 式と 740) 式と 741) 式と 742) 式と 743) 式と 744) 式と 745) 式と 746) 式と 747) 式と 748) 式と 749) 式と 750) 式と 751) 式と 752) 式と 753) 式と 754) 式と 755) 式と 756) 式と 757) 式と 758) 式と 759) 式と 760) 式と 761) 式と 762) 式と 763) 式と 764) 式と 765) 式と 766) 式と 767) 式と 768) 式と 769) 式と 770) 式と 771) 式と 772) 式と 773) 式と 774) 式と 775) 式と 776) 式と 777) 式と 778) 式と 779) 式と 780) 式と 781) 式と 782) 式と 783) 式と 784) 式と 785) 式と 786) 式と 787) 式と 788) 式と 789) 式と 790) 式と 791) 式と 792) 式と 793) 式と 794) 式と 795) 式と 796) 式と 797) 式と 798) 式と 799) 式と 800) 式と 801) 式と 802) 式と 803) 式と 804) 式と 805) 式と 806) 式と 807) 式と 808) 式と 809) 式と 810) 式と 811) 式と 812) 式と 813) 式と 814) 式と 815) 式と 816) 式と 817) 式と 818) 式と 819) 式と 820) 式と 821) 式と 822) 式と 823) 式と 824) 式と 825) 式と 826) 式と 827) 式と 828) 式と 829) 式と 830) 式と 831) 式と 832) 式と 833) 式と 834) 式と 835) 式と 836) 式と 837) 式と 838) 式と 839) 式と 840) 式と 841) 式と 842) 式と 843) 式と 844) 式と 845) 式と 846) 式と 847) 式と 848) 式と 849) 式と 850) 式と 851) 式と 852) 式と 853) 式と 854) 式と 855) 式と 856) 式と 857) 式と 858) 式と 859) 式と 860) 式と 861) 式と 862) 式と 863) 式と 864) 式と 865) 式と 866) 式と 867) 式と 868) 式と 869) 式と 870) 式と 871) 式と 872) 式と 873) 式と 874) 式と 875) 式と 876) 式と 877) 式と 878) 式と 879) 式と 880) 式と 881) 式と 882) 式と 883) 式と 884) 式と 885) 式と 886) 式と 887) 式と 888) 式と 889) 式と 890) 式と 891) 式と 892) 式と 893) 式と 894) 式と 895) 式と 896) 式と 897) 式と 898) 式と 899) 式と 900) 式と 901) 式と 902) 式と 903) 式と 904) 式と 905) 式と 906) 式と 907) 式と 908) 式と 909) 式と 910) 式と 911) 式と 912) 式と 913) 式と 914) 式と 915) 式と 916) 式と 917) 式と 918) 式と 919) 式と 920) 式と 921) 式と 922) 式と 923) 式と 924) 式と 925) 式と 926) 式と 927) 式と 928) 式と 929) 式と 930) 式と 931) 式と 932) 式と 933) 式と 934) 式と 935) 式と 936) 式と 937) 式と 938) 式と 939) 式と 940) 式と 941) 式と 942) 式と 943) 式と 944) 式と 945) 式と 946) 式と 947) 式と 948) 式と 949) 式と 950) 式と 951) 式と 952) 式と 953) 式と 954) 式と 955) 式と 956) 式と 957) 式と 958) 式と 959) 式と 960) 式と 961) 式と 962) 式と 963) 式と 964) 式と 965) 式と 966) 式と 967) 式と 968) 式と 969) 式と 970) 式と 971) 式と 972) 式と 973) 式と 974) 式と 975) 式と 976) 式と 977) 式と 978) 式と 979) 式と 980) 式と 981) 式と 982) 式と 983) 式と 984) 式と 985) 式と 986) 式と 987) 式と 988) 式と 989) 式と 990) 式と 991) 式と 992) 式と 993) 式と 994) 式と 995) 式と 996) 式と 997) 式と 998) 式と 999) 式と 1000) 式と 1001) 式と 1002) 式と 1003) 式と 1004) 式と 1005) 式と 1006) 式と 1007) 式と 1008) 式と 1009) 式と 1010) 式と 1011) 式と 1012) 式と 1013) 式と 1014) 式と 1015) 式と 1016) 式と 1017) 式と 1018) 式と 1019) 式と 1020) 式と 1021) 式と 1022) 式と 1023) 式と 1024) 式と 1025) 式と 1026) 式と 1027) 式と 1028) 式と 1029) 式と 1030) 式と 1031) 式と 1032) 式と 1033) 式と 1034) 式と 1035) 式と 1036) 式と 1037) 式と 1038) 式と 1039) 式と 1040) 式と 1041) 式と 1042) 式と 1043) 式と 1044) 式と 1045) 式と 1046) 式と 1047) 式と 1048) 式と 1049) 式と 1050) 式と 1051) 式と 1052) 式と 1053) 式と 1054) 式と 1055) 式と 1056) 式と 1057) 式と 1058) 式と 1059) 式と 1060) 式と 1061) 式と 1062) 式と 1063) 式と 1064) 式と 1065) 式と 1066) 式と 1067) 式と 1068) 式と 1069) 式と 1070) 式と 1071) 式と 1072) 式と 1073) 式と 1074) 式と 1075) 式と 1076) 式と 1077) 式と 1078) 式と 1079) 式と 1080) 式と 1081) 式と 1082) 式と 1083) 式と 1084) 式と 1085) 式と 1086) 式と 1087) 式と 1088) 式と 1089) 式と 1090) 式と 1091) 式と 1092) 式と 1093) 式と 1094) 式と 1095) 式と 1096) 式と 1097) 式と 1098) 式と 1099) 式と 1100) 式と 1101) 式と 1102) 式と 1103) 式と 1104) 式と 1105) 式と 1106) 式と 1107) 式と 1108) 式と 1109) 式と 1110) 式と 1111) 式と 1112) 式と 1113) 式と 1114) 式と 1115) 式と 1116) 式と 1117) 式と 1118) 式と 1119) 式と 1120) 式と 1121) 式と 1122) 式と 1123) 式と 1124) 式と 1125) 式と 1126) 式と 1127) 式と 1128) 式と 1129) 式と 1130) 式と 1131) 式と 1132) 式と 1133) 式と 1134) 式と 1135) 式と 1136) 式と 1137) 式と 1138) 式と 1139) 式と 1140) 式と 1141) 式と 1142) 式と 1143) 式と 1144) 式と 1145) 式と 1146) 式と 1147) 式と 1148) 式と 1149) 式と 1150) 式と 1151) 式と 1152) 式と 1153) 式と 1154) 式と 1155) 式と 1156) 式と 1157) 式と 1158) 式と 1159) 式と 1160) 式と 1161) 式と 1162) 式と 1163) 式と 1164) 式と 1165) 式と 1166) 式と 1167) 式と 1168) 式と 1169) 式と 1170) 式と 1171) 式と 1172) 式と 1173) 式と 1174) 式と 1175) 式と 1176) 式と 1177) 式と 1178) 式と 1179) 式と 1180) 式と 1181) 式と 1182) 式と 1183) 式と 1184) 式と 1185) 式と 1186) 式と 1187) 式と 1188) 式と 1189) 式と 1190) 式と 1191) 式と 1192) 式と 1193) 式と 1194) 式と 1195) 式と 1196) 式と 1197) 式と 1198) 式と 1199) 式と 1200) 式と 1201) 式と 1202) 式と 1203) 式と 1204) 式と 1205) 式と 1206) 式と 1207) 式と 1208) 式と 1209) 式と 1210) 式と 1211) 式と 1212) 式と 1213) 式と 1214) 式と 1215) 式と 1216) 式と 1217) 式と 1218) 式と 1219) 式と 1220) 式と 1221) 式と 1222) 式と 1223) 式と 1224) 式と 1225) 式と 1226) 式と 1227) 式と 1228) 式と 1229) 式と 1230) 式と 1231) 式と 1232) 式と 1233) 式と 1234) 式と 1235) 式と 1236) 式と 1237) 式と 1238) 式と 1239) 式と 1240) 式と 1241) 式と 1242) 式と 1243) 式と 1244) 式と 1245) 式と 1246) 式と 1247) 式と 1248) 式と 1249) 式と 1250) 式と 1251) 式と 1252) 式と 1253) 式と 1254) 式と 1255) 式と 1256) 式と 1257) 式と 1258) 式と 1259) 式と 1260) 式と 1261) 式と 1262) 式と 1263) 式と 1264) 式と 1265) 式と 1266) 式と 1267) 式と 1268) 式と 1269) 式と 1270) 式と 1271) 式と 1272) 式と 1273) 式と 1274) 式と 1275) 式と 1276) 式と 1277) 式と 1278) 式と 1279) 式と 1280) 式と 1281) 式と 1282) 式と 1283) 式と 1284) 式と 1285) 式と 1286) 式と 1287) 式と 1288) 式と 1289) 式と 1290) 式と 1291) 式と 1292) 式と 1293) 式と 1294) 式と 1295) 式と 1296) 式と 1297) 式と 1298) 式と 1299) 式と 1300) 式と 1301) 式と 1302) 式と 1303) 式と 1304) 式と 1305) 式と 1306) 式と 1307) 式と 1308) 式と 1309) 式と 1310) 式と 1311) 式と 1312) 式と 1313) 式と 1314) 式と 1315) 式と 1316) 式と 1317) 式と 1318) 式と 1319) 式と 1320) 式と 1321) 式と 1322) 式と 1323) 式と 1324) 式と 1325) 式と 1326) 式と 1327) 式と 1328) 式と 1329) 式と 1330) 式と 1331) 式と 1332) 式と 1333) 式と 1334) 式と 1335) 式と 1336) 式と 1337) 式と 1338) 式と 1339) 式と 1340) 式と 1341) 式と 1342) 式と 1343) 式と 1344) 式と 1345) 式と 1346) 式と 1347) 式と 1348) 式と 1349) 式と 1350) 式と 1351) 式と 1352) 式と 1353) 式と 1354) 式と 1355) 式と 1356) 式と 1357) 式と 1358) 式と 1359) 式と 1360) 式と 1361) 式と 1362) 式と 1363) 式と 1364) 式と 1365) 式と 1366) 式と 1367) 式と 1368) 式と 1369) 式と 1370) 式と 1371) 式と



3) その他

多糖類は単糖類まで分解される。DNA および RNA は糖合し、リン酸塩および窒素を溶液中に放出す

る。

### 3. 実装設計値 (6) (7) (9)

下水汚泥の熱処理の歴史はながい<sup>6)</sup>が、その装置の設計値および運転結果の知見は多いとはいえない。最近の代表的処理場の設計値を表・1に示す。

### 4. 実験装置、汚泥、実験方法<sup>4)</sup>

#### 1) 実験装置

実験用オート・クレーブは容積35L、最高圧力20 kg/cm<sup>2</sup>、攪拌機付き反応器であり、加熱方式は直火式であった。(写真・1)

加圧ろ過機(以後、フィルター・プレスと称する。)ろ過面積および圧縮圧力はそれぞれ水100 cm<sup>2</sup>、4 kg/cm<sup>2</sup>、15 kg/cm<sup>2</sup>であった。(写真・2)間、使用ろ布はP-2231であった。

#### 2) 汚泥

実験用汚泥はF市下水処理場の最初次級汚泥と余剰汚泥、混合汚泥を濃縮したもの(以後、汚泥と称する。)を用いた。汚泥の性状を表・2に示した。

#### 3) 実験方法

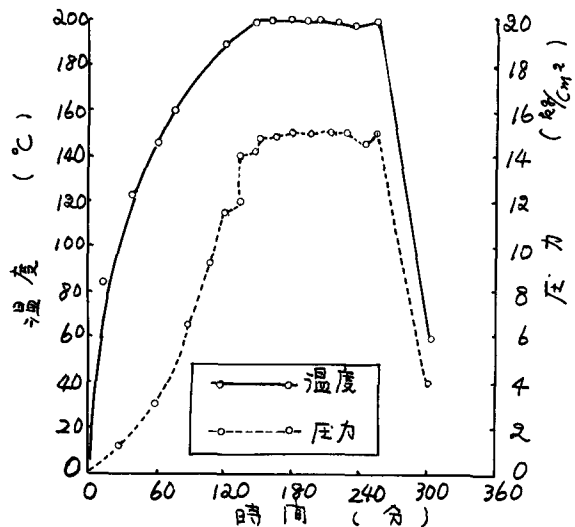
汚泥30Lをオート・クレーブに入れ、反応温度、反応時間を150℃~200℃、15~120分とした。反応終了後、オート・クレーブの内容物を室温にし、120分静置し、熱処理汚泥と分離液と分離させた。その後、熱処理汚泥をフィルター・プレスで脱水し、そのろ液および分離液について水質試験をこ

表・1 処理場設計値

| 処理場名                        | 場所     | 圧力                 | 反応温度 | 反応時間 | ろ過率   | 脱水方式 |
|-----------------------------|--------|--------------------|------|------|-------|------|
| 単位                          | —      | kg/cm <sup>2</sup> | ℃    | 分    | %     | —    |
| Mariefelde <sup>6)</sup>    | Berlin | 15                 | 180  | 45   | 65    | 真空ろ過 |
| Werdhölzli <sup>7) 8)</sup> | Zürich | 15                 | 200  | 120  | 44~45 | 加圧脱水 |
| Aire <sup>9)</sup>          | Genève | —                  | —    | —    | 35~40 | 加圧脱水 |

表・2 汚泥の性状

| pH        | 蒸気残留物         | 熱灼減量          | BOD <sub>5</sub> | 無機P含量   |
|-----------|---------------|---------------|------------------|---------|
| —         | mg/L          | mg/L          | mg/L             | mg/L    |
| 5.20~5.35 | 49,624~56,900 | 34,404~40,160 | 10,450~14,407    | 280~379 |



図・1 温度 圧力 曲線

なった。また、反応時間60分、反応温度160℃および200℃のケーキについてセン断試験、圧密試験等とよくなった。

#### 5. 実験結果および考察

図・1には、反応時間120分、反応温度200℃で汚泥を熱処理した場合の温度-圧力曲線の一例を示した。

本研究では、熱処理汚泥の沈殿性、脱水性、ケーキの性状と分離液、ろ液の水質試験結果を別個に検討した。

#### 1) 沈殿性、脱水性、ケーキの性状

図・2には、反応時間を60分と一定にし、反応温度を150℃、160℃、170℃および190℃とした場合の沈殿曲線を示した。反応温度が150℃以下では固液分離は十分でなかった。

図・3には、ろ過速度と反応時間、反応温度、関係を示した。図中のプロットは4〜6回の測定値の平均値を示した。

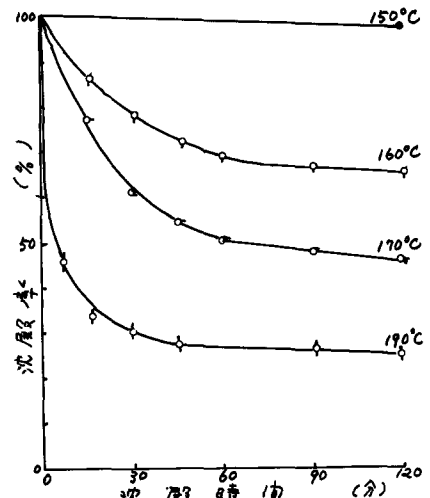
図・2および図・3から、熱処理汚泥の沈殿性がろ過速度は反応温度および反応時間に関係深いことがわかった。反応温度と反応時間を比較すると、前者のほうが反応に対してより支配的因子ではないかと考えた。

図・4には、脱水ケーキの水分と反応時間、反応温度の関係を示した。ケーキの水分は、反応温度が150℃の場合を除いて50%以下と低くなることわかった。

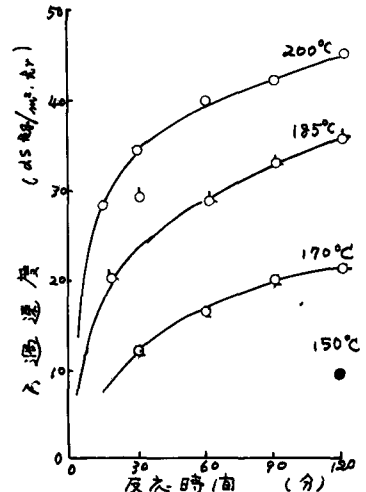
ここで、反応時間60分、反応温度160℃および反応時間60分、反応温度200℃の場合の脱水ケーキについて、比重、粘性限界、塑性限界、粒径加積曲線、セン断試験および圧密試験とよくなった。この結果を表・3および図・5〜図・7に示した。

粒径加積曲線の結果から三角度標分類とすると、両者ともに粘土に属した。しかしながら、セン断試験の結果、内部摩擦角(φ) 42°00' ~ 42°40' および粘着力(C) が 0.04 kg/cm<sup>2</sup> ~ 0.09 kg/cm<sup>2</sup> と砂質土に近い値を示した。これはフィルター・プレスによりケーキが良く締め固められた結果であると考えられた。

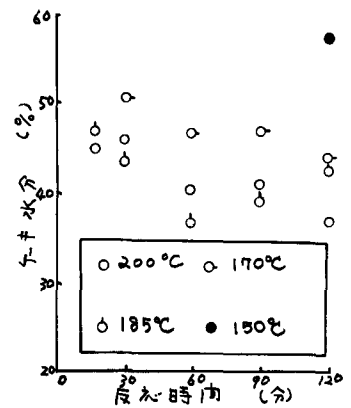
比重が低いのはケーキに有機質分が大量に含まれていることが原因であると考えられた。



図・2 沈殿曲線



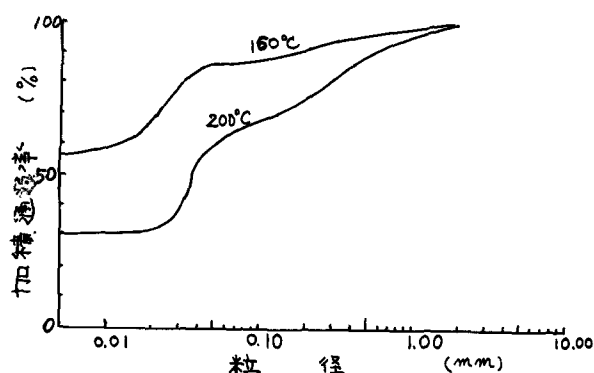
図・3 ろ過速度



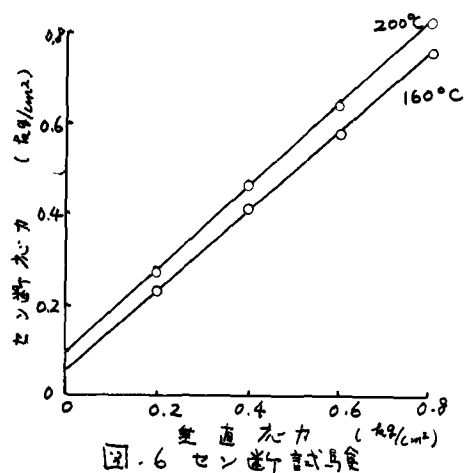
図・4 ケーキ水分

表・3 T-7. 土質試験

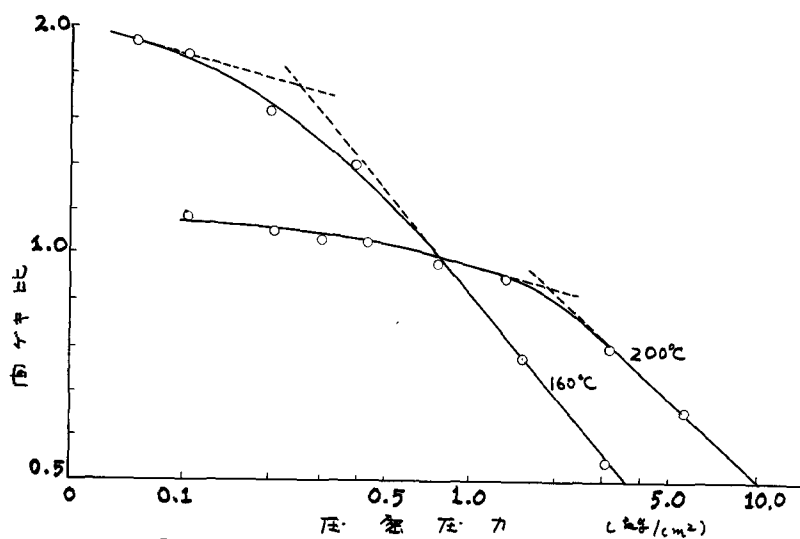
| 実験条件       | 比重     | 最大粒径    | 60%粒径                                | 30%粒径 | 10%粒径                                | 液性限界                                                                 |
|------------|--------|---------|--------------------------------------|-------|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 200°C, 60分 | 1.697  | 2.000mm | 0.046mm                              | —     | —                                    | 66.60%                                                               |
| 160°C, 60分 | 1.742  | 2.000mm | 0.010mm                              | —     | —                                    | 86.70%                                                               |
| 実験条件       | 塑性限界   | 内部摩擦角   | 粘着力                                  | 圧縮指数  | 圧密降伏力                                | 圧密係数                                                                 |
| 200°C, 60分 | 46.33% | 42°40'  | 0.09 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ | 0.53  | 1.65 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ | $7.80 \times 10^{-2} \frac{\text{cm}^2}{\text{kg} \cdot \text{min}}$ |
| 160°C, 60分 | 61.43% | 42°00'  | 0.04 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ | 0.77  | 0.26 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ | $6.60 \times 10^{-2} \frac{\text{cm}^2}{\text{kg} \cdot \text{min}}$ |



図・5 粒径加積曲線



図・6 センsov式圧縮



図・7 圧密圧力-圧縮率曲線

粘性限界、塑性限界は比較的大きかった。

圧縮試験の結果、圧縮係数( $C_v$ )は $6.60 \times 10^{-2}$  ~  $7.80 \times 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{min}$  であった。

以上から、脱水したケーキを盛土築の材料として使用するには、比重が低い、液性限界、塑性限界が大きいことが三角分類分類から粘土に属するので、これに適しているが、せん断試験、圧縮試験からこれに適していることがわかった。したがって、盛土材料としては、脱水ケーキを単独でなく砂質土と混合して使用することが望ましいと考えられた。

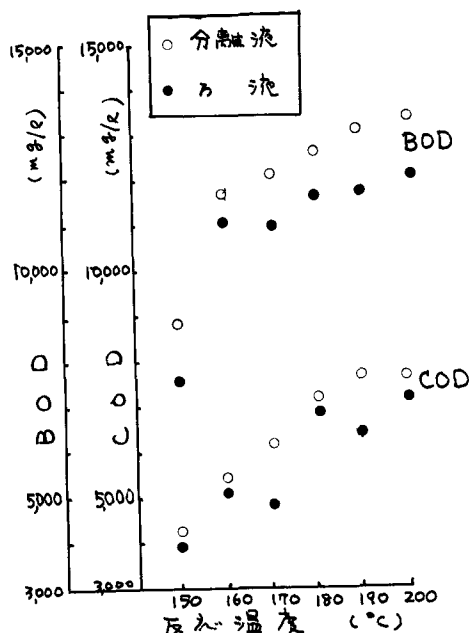
## 2) 分離液、ろ液の水質試験

図・8には、反応時間60分の場合の分離液、ろ液のBOD、CODを示した。この結果、反応温度が高くなれば、一般的に分離液、ろ液のBOD、CODが高くなった。また、反応温度 $200^\circ\text{C}$ の場合の分離液のBODは $13,980 \text{ mg/l}$ と汚泥のBOD  $14,407 \text{ mg/l}$ とあまり異ならない高い値となった。分離液とろ液のBODおよびCODに關しては非常に大きな偏りは認められなかった。

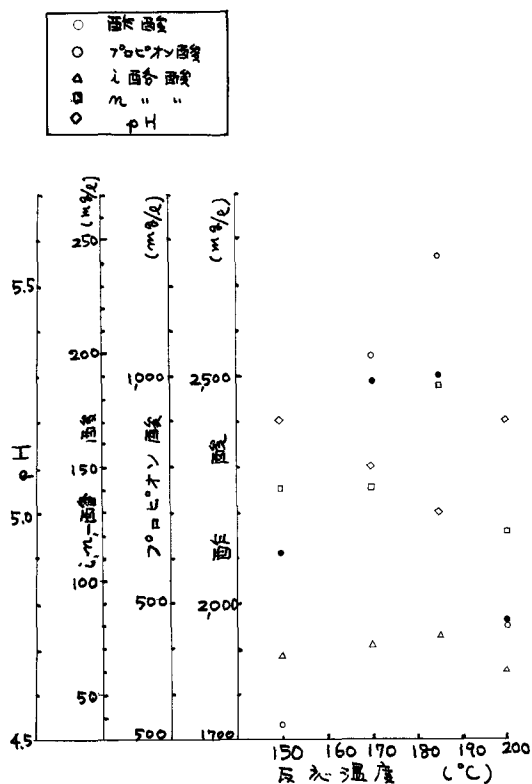
図・9には、分離液のpH、有機酸(ガス・クロマトグラフにより分析)と反応温度、反応時間の關係を示した。一般的に、反応温度が高くなったり、反応時間が長ければ、それだけ分離液の有機酸は高くなることがわかった。また、pHは分離液と汚泥とでは大きな偏りは認められなかった。

図・10には、分離液のアモニア性窒素と反応温度、反応時間の關係を示した。一般的に、反応温度が高くなったり、反応時間が長ければ、それだけ分離液中のアモニア性窒素は高くなることが認められた。

図・11には、熱処理汚泥と分離液の混合している状態。溶解性物質(D.S)と蒸気揮発物(T.S)の比と反応温度、反応時間の關係を



図・8 分離液、ろ液のBOD、COD



図・10 分離液の有機酸、pH

示した。この結果から、反応温度が高くなったり、反応時間が長ければ、一般的に濃化が進んでいることが認められた。

以上のことから、反応温度が高くなったり、反応時間が長ければすなわち汚泥の熱処理の状態が良ければ、2. 熱処理の原理の項で述べたように、高分子物質が低分子物質になり、この結果分離液のBOD、有機酸、アンモニア性窒素および溶解性物質と蒸発残留物の比が高くなることがわかった。したがって、本法を検討する場合、分離液および泥の濃度が高いので、その処理方法を考慮しなければならいと考えられる。

#### 6. おわりに

熱処理法、原理、外国の最近の熱処理装置の設計値と外国の文献から紹介し、その後下水汚泥を熱処理後加圧ろ過を行ひ、熱処理汚泥の沈降性、脱水性、ケーキ性状に検討を加へた後、熱処理分離液、加圧ろ過ろ液について検討したところ次のことがわかった。

- 1) 反応温度と反応時間と比較すると、前者の方がより反応に対して支配的因子である。
- 2) 熱処理により、混合泥の固液分離性、熱処理汚泥の脱水性などの改善は著しく、熱処理汚泥の処分は容易になる。
- 3) 熱処理の状態が良ければ、分離液および泥の濃度が高くなるので、その処理方法を考慮しなければならい。
- 4) 脱水ケーキを盛土等の材料と使用するには、これを単独だけでなく砂質土と混合して使用することが望ましいと考えられた。

#### 参考文献

- 1) Lumb C, Heat Treatment as an Aid to Sludge Dewatering, J. Inst. Sew. Purif., p 5, (1951)
- 2) Jepson C, Klein L, Heat Treatment of Sewage Sludge, J. Inst. Sew. Purif., p 36, (1951)

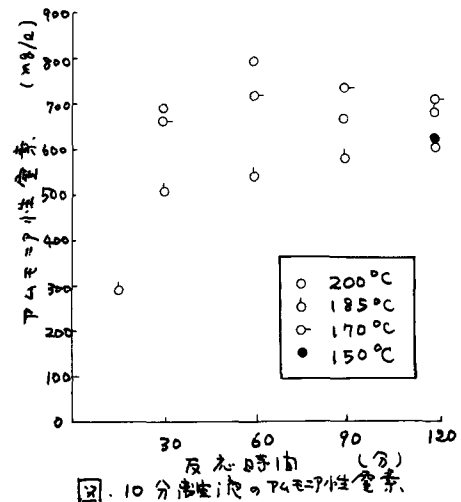


図10 10分濃化泥のアンモニア性窒素

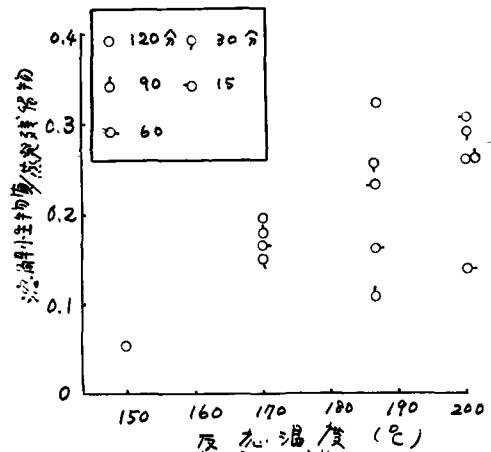


図11 混合泥の溶解性物質/蒸発残留物

- 3) Björkman Å, Thermal Treatment of Sewage Sludge, Schweizerische Zeitschrift für Hydrogie, 5670 (1969)
- 4) 松本順一郎, 大塚正郎, 下水汚泥の熱処理とバクテリア脱水について, 土木学会第26回年次学術講演会講演集, (昭和46年)
- 5) Brooks R B, Heat Treatment of Activated Sludge No1, Water Pollution Control, p592, (1968)
- 6) Hünnerberg K, Das Klärwerk Berlin-Marienfelde, Das Gas- und Wasserfach, S. 215, (1969)
- 7) Kupfer R, Schlamm-Konditionierung, Münchner Beiträge zur Abwasser-Fischerei- und Flupbiologie Bd 13. S.166 (Oldenbourg)
- 8) Schlamm entwässerungsanlage in der Kläranlage Werdhölzli der Stadt Zürich, Schweizerische Zeitschrift für Hydrogie, S.744, (1969)
- 9) Porteous-Anlage, Aire, Schweizerische Zeitschrift für Hydrogie, S.764, (1969)